

Machinale detectie van tulpenvirus in het open veld 2012

Geautomatiseerde (machinale) detectie van TBV in enkel- en volveldexperimenten
met tulp in 2012

Joop van Doorn¹, Gerrit Polder², Gerie van der Heijden² en Ton Baltissen¹

¹Praktijkonderzoek Plant & Omgeving
Bollen, Boomkwekerij en Fruit; ²Plant Research
International
PPO 32 361451 00/ PT 14488-02

© 2010 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.



Ministerie van Landbouw, Natuur en
Voedselkwaliteit

Begeleidingsgroep:

Deelnemende kwekers

Organisatie	Deelnemer
Karel Bolbloemen BV	Bert Karel
Fa. Th. Apeldoorn	Piet Apeldoorn
Leek bloembollen	Pieter Leek
Wit Flowerbulbs	Nico Wit
Boon Bloembollen	John Boon
G Oud	Richard Oud
Poel Bloembollen	Louis Poel
Voorzitter	Kees Stoop

Verder aanwezig in begeleidingsgroep:

- Productschap Tuinbouw
- Bloem Bollen Keuringsdienst (BKD)
- Agro Syntens
- Agrifirm
- KAVB

PPO Projectnummer: 3236145100/ PT 14488-02¹

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Bollen, Boomkwekerij en Fruit

Adres : Prof. Van Slogterenweg 2, 2161 DW Lisse

Tel. : 0252-462121

Fax : 0252-462100

E-mail : info.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
1.1 Algemeen.....	7
1.2 Proefopzet 2012	8
2 MATERIALEN EN METHODEN.....	9
2.1 Inleiding	9
2.2 Opplant en opzet veldproef.....	9
2.2.1 Analyse blad- en bolmateriaal op TBV via ELISA.....	9
2.2.2 Opplant.....	9
2.2.3 Aanpassingen aan de ziekzoekrobot.....	11
2.2.4 Uitvoering	12
2.3 Beeldanalyse.....	14
3 RESULTATEN EN CONCLUSIES.....	15
3.1 Uitvoering	15
3.2 Vergelijking analyses ziekzoekers en ziekzoekkar	17
3.2.1 Enkelvelds.....	17
3.2.2 Nacontrole van tulpen op wel of geen TBV via ELISA.....	18
3.2.3 Volvelds	19
3.3 Conclusies	25
4 DISCUSSIE	27
4.1 Aanpassingen aan de ziekzoekkar in 2012	27
4.2 Proefopzet: veldproeven.....	27
4.3 Scores van de ziekzoekkar en ziekzoekers	28
4.4 Toekomstig onderzoek.....	28
5 OUTPUT	31
5.1 Begeleidingscommissie vergaderingen.....	31
5.2 Communicatie	32
6 LITERATUUR.....	33
7 BIJLAGEN.....	35
7.1 BloembollenVisie.....	35
7.2 Vakbladartikelen 2 en 6 november 2012 (Boerderij)	36
7.3 Vakbladartikel Nieuwe Oogst.....	38
7.4 Bijlage poster ISHS 2012	39

Samenvatting

Tulpenmozaïekvirus (TBV) in tulp veroorzaakt veel schade in de teelt. Om virusverspreiding door bladluizen te voorkomen moet de teler in een korte periode deze bronnen van infectie verwijderen. Een tijdrovende bezigheid, die ook specifieke deskundigheid vergt. Verder bespaart dit verwijderen ook het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen om de luizen te bestrijden. Echter, experts die dit kunnen zijn schaars. Om het gebrek aan goede ziekzoekers te compenseren, werkt Wageningen UR samen met een groep tulpentelers aan een oplossing. Gerobotiseerd ziekzoeken moet in een vroeg stadium symptomen van ziekten (TBV) in het gewas (in dit geval tulp) kunnen herkennen. Het streven is dat dit minimaal even goed gebeurt als door de experts.

Proefopzet

In 2011 wist de ziekzoekkar in een veld met individueel opgeplante Yokohama tulpen (4 planten per m²) succesvol de TBV-zieke planten op te sporen. In een aantal gevallen scoorde de ziekzoekkar zelfs beter dan de ziekzoeker. In 2012 een nieuwe proef gestart met tulpen geplant volgens de praktijksituatie. In het najaar van 2011 zijn TBV-zieke bollen geplant tussen gezonde Yokohama's op het proefveld van PPO te Lisse volgens een door loting bepaald willekeurig patroon, waarbij wel de posities van de zieke bollen precies bekend waren. Naast enkele veldjes met verenkelde planten voor het vergelijken van de resultaten uit 2011 zijn in de verschillende veldjes van 100 tulpen per m² 24, 9, 6 of 3 zieke bollen geplant.

In het voorjaar van 2012 zijn de ziekzoekers in de weken 10-15 (13 maart-10 april) gaan zoeken naar zieke planten. Daarbij werden de zieke tulpen met een stokje gemerkt. De markeringsstokjes werden vervolgens verwijderd en vergeleken met het opplant schema. Met de ziekzoekkar zijn vervolgens van de tulpen in de proefvelden opnames gemaakt, waarbij ervoor is gezorgd dat de tulpen precies konden worden gelokaliseerd via een afstandsmeter aan een wiel en via een speciale (QR-) codering aan de zijkanten van het proefveld.

Aanpassingen aan de ziekzoekkar

In 2012 zijn enkele technische verbeteringen doorgevoerd aan het visionsysteem. Belangrijk was de inbouw van twee zeer moderne multispectraal camera's naast twee kleurencamera's. Om de planten zo goed mogelijk te beoordelen zijn de camera's onder een hoek van 45 graden geplaatst voor een voor- en zij aanzicht. Voor de belichting zijn zg. daglicht TL lampen gebruikt die voor de juiste kleur en hoeveelheid belichting zorgden.

Metingen en resultaten

Er zijn gedurende de groeiperiode van cv. Yokohama 5 meetrondes uitgevoerd met de ziekzoekkar (periode 13 maart tot en met 10 april). Op dezelfde dag zochten ook de ervaren ziekzoekers naar zieke tulpen. Van alle tulpen zijn minimaal 5 keer opnames gemaakt met zowel kleurencamera's als met de multispectraal camera's. Vervolgens zijn de beelden off-line geanalyseerd. De resultaten van de beeldanalyse zijn vergeleken met de scores van de ervaren ziekzoekers (tulp gezond of ziek) en de gegevens van de ELISA-toets.

De ziekzoekkar scoort beter in het juist beoordelen van gezonde tulpen, maar herkent iets minder zieke tulpen dan de ziekzoekers. In week 12 scoorden de ziekzoekers in de analyse van 725 tulpen 91% goed, en de ziekzoekkar ruim 93%. In de andere weken scoorden de ziekzoekers beter, maar scoorde de ziekzoekkar minder gezonde tulpen als ziek in vergelijking met de ziekzoekers: in week 13-15 0.9 - 1.9% tegen de ziekzoekers in dezelfde periode 1.4- 1.9%. Hierbij moet nog worden opgemerkt dat de ervaren ziekzoekers heel nauwkeurig gezocht hebben: dichtbij de plant en soms werden zelfs blaadjes omgedraaid, iets wat een ziekzoeker in de praktijk niet zal doen. Ondanks deze gedetailleerde screening van de ziekzoekers waren de resultaten van de kar sterk vergelijkbaar.

Vervolgonderzoek

In 2011 is aangetoond dat met de ziekzoekkar vergelijkbare resultaten haalbaar zijn als met een ervaren ziekzoeker bij verenkelde planten van Yokohama. In 2012 is een belangrijke volgende stap gezet: vergelijkbare goede resultaten zijn gehaald bij een volvelds situatie. Het is nu belangrijk na te gaan hoe de ziekzoekkar aangepast moet worden om in de praktijk te kunnen werken.

De begeleidingsgroep gaat samen met Wageningen UR op zoek naar toeleveranciers die bij het verdere traject van opschaling, verbreding en optimalisatie, betrokken willen worden. Voor 2013 is een proef opgeplant om ondermeer met de ziekzoekkar andere cultivars te testen op TBV.

1 Inleiding

1.1 Algemeen

TBV veroorzaakt jaarlijks veel schade in tulpen. Vooral in de witte en gele cultivars is het zelfs voor ervaren ziekzoekers heel moeilijk om aangetaste planten te vinden. Piet Apeldoorn, tulpenteler en exporteur, heeft een aantal jaren geleden het initiatief genomen om onderzoek te starten naar alternatieven voor ziekzoeken en verwijdering van aangetaste tulpen. Na een expertmeeting en laboratoriumexperimenten in 2008 is het onderzoek gestart naar de ontwikkeling van een zogenaamde “ziekzoekkar” die virussymptomen in tulp moet kunnen waarnemen, en vervolgens deze planten moet kunnen merken of bestrijden.

De teelt van tulpen kampt met aantasting door verschillende virussen, met name door het tulpenmozaïekvirus (Tulip Breaking Virus of TBV). Virusaantasting uit zich in de vorm van vaak subtiele strepen, vlekken in het blad en kleurafwijkingen in de bloemen. De aanwezigheid van het virus in de tulpenbol verlaagt de opbrengst en de kwaliteit en is een belemmering voor de export. Bij een hoge besmetting worden hele partijen afgekeurd.

In de teelt van tulpen is het gebruikelijk viruszieke planten in het open veld vroegtijdig op te sporen en te verwijderen. Dit gebeurt middels een systeem van ziekzoeken: speciaal getrainde ziekzoekers inspecteren de tulpenpercelen en verwijderen zieke planten. Deze wijze van opsporing is vermoeiend, arbeidsintensief en daardoor duur. Gemiddeld per seizoen bedraagt de arbeidsbehoefte voor het opsporen en verwijderen 40-45 uur per hectare, met uitschieters naar boven en beneden van resp. 100 en 20 uur. Bovendien is het herkennen van viruszieke planten niet eenvoudig, met name onder ongunstige weersomstandigheden. Snel en sterk wisselende intensiteiten van zonnestraling bemoeilijken een accurate visuele detectie. De handmatige selectie van zieke tulpenplanten en de schade door TBV kost naar schatting jaarlijks meer dan 9 miljoen euro.

Een groter probleem dan de kosten voor het personeel is, dat de vereiste expertise niet of nauwelijks voorhanden is: het vereist ervaring en zorgvuldigheid. Niet alle viruszieke planten worden gevonden. Bovendien is het werk vermoeiend en eentonig. Vanuit arbeidstechnisch oogpunt is dit sterk seizoensgebonden werk ongewenst. Het is dan ook zeer moeilijk geschikt personeel te vinden.

Daarnaast is er ook een milieutechnische reden. Om de verspreiding van het virus gedurende het teeltseizoen tegen te gaan vindt er een intensieve chemische bestrijding van luizen plaats. Naar verwachting zal binnen Europa een steeds strengere regelgeving ten aanzien van gewasbeschermingsmiddelen worden ingenomen. Zeker door de toenemende bezorgdheid om bepaalde middelen te mogen of kunnen gebruiken, is een milieuvriendelijke wijze van ziekzoeken (vroegtijdig wegnemen van virusinfectiehaarden) een aantrekkelijk alternatief.

Er zijn dus economische, arbeidstechnische én milieukundige redenen om virusaantasting zoveel mogelijk te voorkomen. Het streven is het percentage viruszieke tulpen in de gehele keten terug te dringen door middel van het ontwikkelen en testen van een (autonoom werkend) apparaat voor detectie en verwijdering van virus besmette (tulpen-) planten in het open veld. Daardoor zullen er economische (rendement, markt), arbeidstechnische (inzet, arbo omstandigheden, deskundigheid) én milieukundige (minder preventieve bespuitingen) voordelen te behalen zijn.

In het verleden zijn diverse studies uitgevoerd naar mogelijke oplossingen. Uit deze studies is naar voren gekomen dat de meest haalbare oplossing gebaseerd is op beeldvormende spectroscopie. Moleculaire technieken zijn niet haalbaar binnen de gewenste omvang en analysesnelheid van het vinden van zieke planten.

Vanaf 2008 zijn diverse onderzoeken uitgevoerd (van Doorn et al. 2009, 2010, 2011, 2012). Voor het realiseren van een zelfstandig werkende ziekzoekkar die zieke planten kan merken of verwijderen is een algemeen stappenplan opgesteld (fasering); in dit project 2012 werd alleen gewerkt aan het vision systeem. De vervolgstappen kunnen hopelijk in 2013 in onderzoek worden genomen.

Ook in andere gewassen wordt het 'vision-systeem' getest. In bloembolgewassen is onder kascondities een goed resultaat verkregen in hyacint met primaire geelzieksymptomen ("spetters").

1.2 Proefopzet 2012

De opzet en de uitvoering van de proef en de technische aspecten van de ziekzoekkar (camerasysteem) voor 2012 zijn aangepast op grond van de ervaringen van 2011 en aanbevelingen van de begeleidingscommissie.

De veranderingen zijn:

A. Ziekzoekkar aanpassingen (hardware):

Belichting

- Er is, naast de TL-buizen, LED-verlichting ingebouwd voor infraroodbelichting
- Field of view: voor de opnames van de planten zijn twee multispectraalcamera's ingebouwd, die onder een hoek van 45 graden opnames maken in zowel het kleurengedebiet als in het infrarood gebied
- Er is gebruik gemaakt van extra kleurencamera's die een opname van bovenaf maken (lokalisatie en opnames van de QR-codes die aan de zijkant van de rails zijn bevestigd (Fig.2A).

B. Aanpassingen aan de proefopzet:

- Er is een railssysteem aangelegd om exacte lokalisatie van de individuele tulpen mogelijk te maken. Dit is nodig omdat iedere individuele tulp vergeleken moet worden met het plantschema, de ELISA toets en de expertbeoordeling (Fig. 2B)
- Er zijn proefveldjes aangelegd met zowel verenkelde opgeplante Yokohama's als op normale plantdichtheid geplante Yokohama's (100/m²) waarvan via een boltoets (oktober 2011) is vastgesteld dat deze TBV-ziek waren (ELISA, BQ Support).

2 Materialen en Methoden

2.1 Inleiding

De opzet van de experimenten met de ziekzoekkar in 2012 valt uiteen in twee delen:

- de aanleg en metingen aan een proefveld met de tulpecultivar met TBV (Yokohama)
- de aanpassing van het prototype ziekzoekkar 2011

Najaar 2011 is een proefveld aangelegd met tulpenbollen die vooraf getoetst zijn op TBV. In 2012 is in deze proefvelden ziekgezocht door zowel ziekzoekers als door de ziekzoekkar: beoordeling op gezonde en zieke tulpen.

Tijdens het uitvoeren van de metingen zijn de vision data opgeslagen op een on site computer op de ziekzoekkar. Na afloop van elke meetsessie zijn deze data on line verstuurd naar een centrale server voor verdere verwerking. Na afloop van alle metingen vond de beeldverwerking en analyse plaats (PRI Biometris).

2.2 Opplant en opzet veldproef

2.2.1 Analyse blad- en bolmateriaal op TBV via ELISA

Een partij Yokohama met 12% TBV (BKD toetsing) is gebruikt om uit deze partij via een boltoets op TBV en TVX 280 zieke en ruim 1100 gezonde bollen te selecteren. Deze zijn bij 9° C bewaard en na standaard ontsmetting op 11 november 2011 geplant in een ontsmet perceel volgens een vastgesteld plantschema. Daarnaast zijn 40 TBV-zieke bollen bewaard en gebruikt in een kasproef in week 6-7 van 2012 om de aanpassingen qua belichting en camera's aan de ziekzoekkar te testen (zie van Doorn et al. 2012). Na afloop van de veldproef zijn van een aantal tulpen bladmonsters genomen om deze te toetsen op TBV (BQ Support Lisse middels ELISA). Later zijn van deze planten ook de bollen getoetst op TBV (BQ Support, Lisse) om vast te stellen of analyses van de ziekzoekers hiermee in overeenstemming zijn (zie hoofdstuk "Resultaten").

2.2.2 Opplant.

De opzet was om, naast twee proefvelden van 20 verenkelde bollen (A: 20 x gezond, B: 20 x TBV-besmet) in duplo proefvelden (waarvan telkens één geward) aan te leggen met respectievelijk 24%, 9% 3% TBV op 100/m² dichtheid, en 6% in een 125/m² dichtheid (Fig.1). De TBV-zieke bollen zijn tijdens het planten gemarkeerd m.b.v. gele steekhoutjes (zie Fig. 4A).

Vlak vóór het planten zijn alle tulpenbollen ontsmet in 0,5% captan + 1% Topsin M + 0,3% prochloraz + 1,5% Securo. Voor het planten is de grond bewerkt en behandeld met Rizolex om een aantasting met o.a. de bodemschimmel *Rhizoctonia solani* te voorkomen. Op 22 november zijn de bollen geplant na de standaard ontsmetting. Na het planten zijn de bedden aangeharkt en voorzien van een licht strodek om stuiven te voorkomen.

Gedurende het groeiseizoen van de tulpen is regelmatig gespoten met middelen om luizen te bestrijden (Decis), eenmaal om onkruid te bestrijden (Asulam) en regelmatig om vuur (*Botrytis tulipae*) te voorkomen (Shirlan).

Voor het uitlijnen van de proefveldjes is een loet (maatlatsysteem) gebruikt met regelfstand 5

cm, voor het veld met plantdichtheid van 125 bollen/m² een regelafstand van 4 cm. Er zijn 4 veuren gedrukt voor de verenkelde veldjes gezond en ziek, waarbij de bollen zo veel mogelijk links resp. rechts in de binnenste 2 veuren zijn gelegd. Bij de laatste twee proefvelden (duplo 3 % ziek, proefveld 6% op 125 bollen/m²) zijn voor de randbeplanting (buitenste veuren) de Yokohama's gebruikt die niet getoetst zijn door de BKD (en dus 10% TBV kunnen bevatten). Dit omdat er niet voldoende gezonde bollen waren. Dit had geen effect op de proef omdat deze buitenste opplant niet meedoet in de analyse. De beplanting is zeer precies in coördinaten vastgelegd: via een meetlint zijn de bollen per veur geplant op 2 -3 cm nauwkeurig (Fig.2A).

In detail:

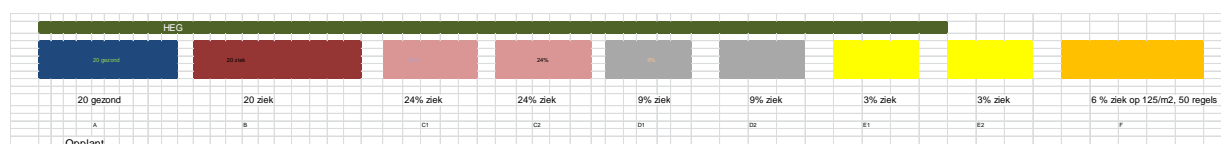
Proefveld C1 en C2: 24% TBV (24 zieke bollen per 102 (23.6%)

Proefveld D1 en D2: 9% TBV (9 zieke bollen per 102 = 8.8%)

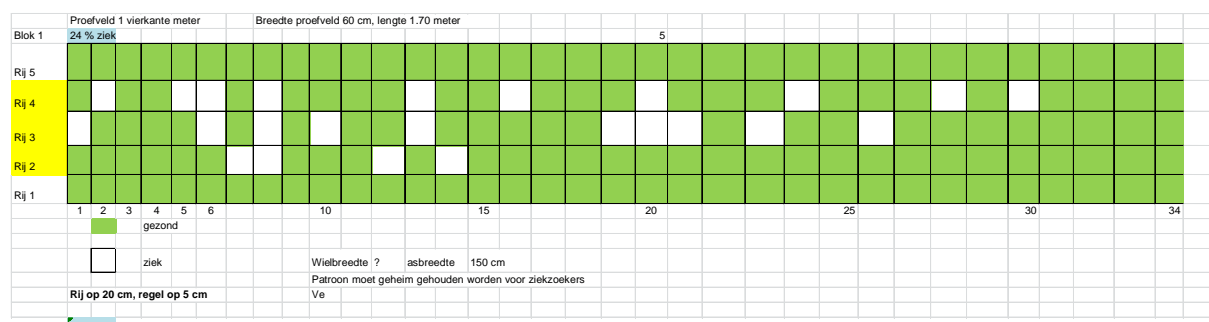
Proefveld E1 en E2: 3% TBV (3 zieke bollen per 102 = 2.9%)

Proefveld F: 6 %TBV op 125/m² (8 zieke bollen per 126 = 6.4%)

In totaal zijn 1158 gezonde, en 80 zieke tulpen gebruikt voor de proef.



A.



B.

Fig. 1 A. Proefveld schema met twee verenkelde veldjes met 20 gezonde en 20 TBV-zieke Yokohama (blauw resp. bruin), proefvelden C met 23% zieke tulpen (roze, eerste randomized), proefvelden D met 9% (grijs, D1 randomized), proefvelden E met 3% (geel, idem) en proefveld F met een plantdichtheid van 125/m² en 6% TBV-zieke bollen (oker). Een voorbeeld van een proefveldopplant is weergegeven in 1B: 23% randomized (witte blokjes zijn op coördinaten geplante zieke tulpen). Alleen de binnenste drie veuren zijn gebruikt; de buitenste veuren zijn randbeplanting met gezonde Yokohama's.

Om de ziekzoekrobot zo stabiel mogelijk te laten rijden, is rails aangelegd op de spoorbreedte van de wielen-asbreedte van de ziekzoekkar (Fig. 2B). Aan de zijkanten van de rails zijn op vaste afstanden (25 cm) zg. QR-codes vastgeniet voor een extra controle op de plaatsbepaling van de individuele tulpen door de ziekzoekkar (zie §2.2.3). Deze nauwkeurige bepaling is nodig voor een één op één vergelijking van de resultaten met de scores van de ziekzoekers en de ELISA-uitslagen.

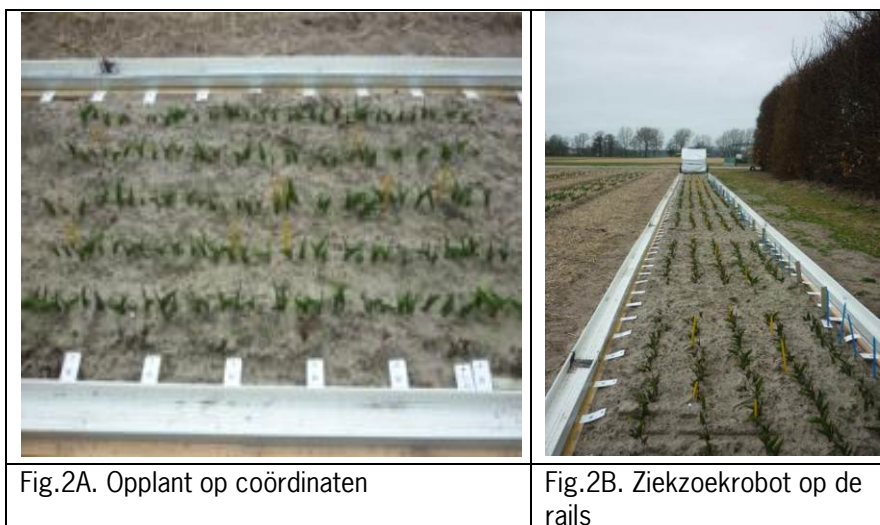


Fig.2A. Opplant op coördinaten

Fig.2B. Ziekzoekrobot op de rails

2.2.3 Aanpassingen aan de ziekzoekrobot.

Naar aanleiding van de resultaten van 2011 (goede analyse van verenkelde tulpen) zijn nieuwe eisen voor de experimenten in 2012 gesteld. Dit betrof aanpassingen aan de ziekzoekkar en analyses zodanig dat er volvelds gemeten moet kunnen worden. Om nu zowel kleurenopnames (voor het meten van virus symptomen) als infrarood opnames (voor het nauwkeurig en robuust kunnen onderscheiden van de plant en de bodem) zijn twee speciale multispectraalcamera's (prototypes) aangeschaft en ingebouwd (Fig. 3A). Twee camera's zijn onder een hoek van 45° opgehangen, en ten opzichte van elkaar onder een hoek van 90° (Fig. 3A en B). Verder maakte een aparte kleurencamera opnames van bovenaf van de proefvelden en de tulpen (Fig. 3B). Voor het aspect van volvelds metingen zijn gegevens van individuele tulpen aan het resultaat van de beeldanalyse gekoppeld. Om een individuele tulp te lokaliseren is een railsysteem aangelegd (om zijwaartse bewegingen en kuilen te voorkomen), een encoder aan een voorwiel bevestigd (afstandsmeting) en QR codering langs de kant (interval 25 cm) aangebracht (coördinaten van de tulpen worden zo vastgelegd). De 'label camera' (zie Fig. 3A en 3B) detecteert de QR-code en de positie van de QR-code in het beeld wordt zo bepaald. De relatie tussen de encoder positie en de exacte (QR) positie kan zo worden vastgelegd, zodat de exacte positie voor alle beelden van alle camera's kan worden bepaald. Bij elk beeld zijn tijdstip, volgnummer en encoder positie geregistreerd.

Voor de belichting is TL verlichting (4 x 2 x 36W = 288 W) gebruikt; de kleurtemperatuur was gelijk aan die van de experimenten, uitgevoerd in 2008 (Van Doorn *et al.* 2009); zie Fig. 3A. Daarnaast is voor de infrarood opnames aparte LED-verlichting toegepast (Fig. 3A).

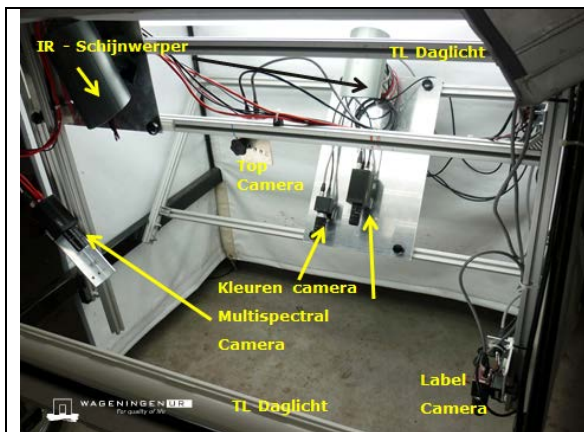


Fig.3A. Type camera's en belichting in de ziekzoekrobot

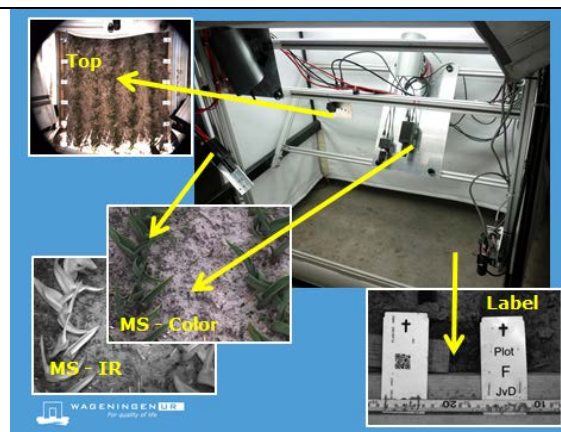


Fig.3B. Weergave van type opnames, gemaakt met de drie typen camera's in de ziekzoekrobot

2.2.4 Uitvoering

Gedurende 5 meetdagen in de weken 10-15 van 2012 hebben zowel de ziekzoekkar als de ziekzoekers analyses aan de proefvelden uitgevoerd. De ziekzoekers (twee ervaren personen) markeerden TBV-zieke tulpen in de proefvelden A t/m F op basis van de karakteristieke symptomen (roodverkleuring aan de bladrand, afwijkende stand van de bladeren) met een steekhoutje. Vervolgens werden deze steekhoutjes met de ziekzoekkar via de camera's vastgelegd, waarna de steekhoutjes werden verwijderd. Op dezelfde meetdag werden dan de tulpen andermaal opgenomen door de ziekzoekkar zonder de steekhoutjes. In de beelden zijn de zieke bollen (volgens ELISA) met de gele stokjes aangegeven (Fig.4A). Met de blauwe stokjes zijn de planten gemarkeerd die door de ziekzoekers als ziek zijn beoordeeld.

De topkleurencamera maakte een overzichtbeeld van de proefvelden, waardoor de beelden later gecombineerd konden worden. Met de positie van de planten in beeld plus de data van de encoder (exacte afstand afgelegd door de ziekzoekkar) kon de exacte positie per tulp op het veld worden bepaald.

De verwerking en analyse van de beelden verliep als volgt:

- Meet-run in het veld
- Beelden kopiëren naar server
- Beelden kopiëren naar backup schijf
- Beelden comprimeren
- QR-Code script (Label beelden)
- Encoder -> Positie bepaling script.
- Ziekzoek-run: detectie blauwe stokjes
- Creëer veld plots van top beelden
- Analyse van de beelden op zieke of gezonde plant mbv de ontwikkelde algoritmen (zie van Doorn et al. 2011).

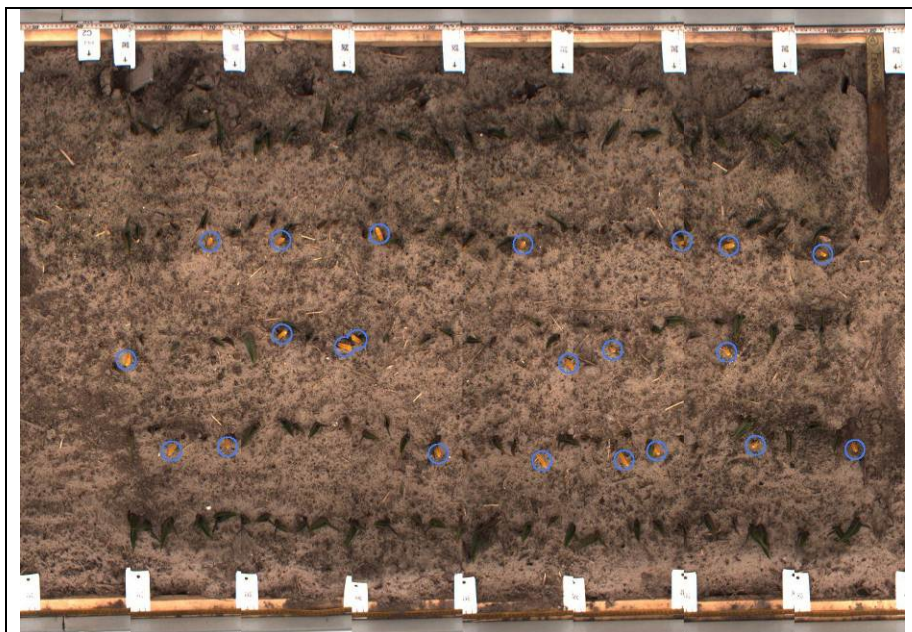


Fig. 4A. Localisatie opgeplante TBV-zieke bollen (herkenning gele markeringsstokjes bij deze bollen na poten van de bollen: blauwe cirkels). Proefveld C2.

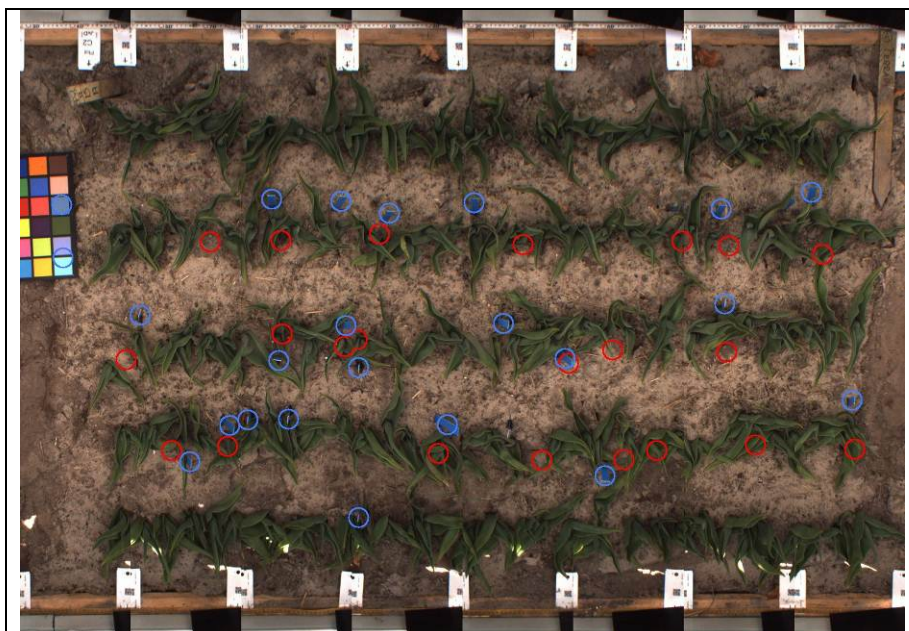

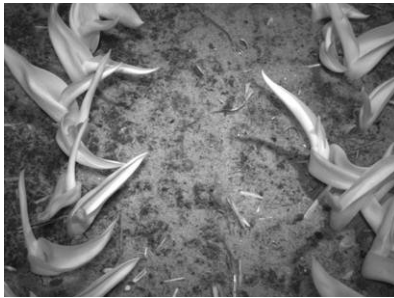


Fig. 4B. Herkenning van virusziek opgeplante Yokohama tulpen (rode cirkels) na opkomst van de tulpen door de ziekzoekers (blauwe cirkels). Proefveld C2.

2.3 Beeldanalyse

De beeldanalyse methode is grotendeels vergelijkbaar met die van voorgaande jaren. Het beschikbaar hebben van een IR (infrarood) beeld, maakt een betrouwbare segmentatie (onderscheid tussen de plant en de bodem) mogelijk, zie Fig.5. Het gewas was hierdoor goed van de (achter-) grond te scheiden. Het beschikbaar hebben van twee beelden onder 45 graden (Fig.3) zorgde voor meer informatie per plant en een grotere kans om symptomen te zien.

De gemeten kenmerken van de symptomen op cv. Yokohama zijn de grootte en vorm van paarse vlekken, onder meer tot uitdrukking gebracht door het aantal paarse pixels, die grenzen aan de groene pixels (gezond blad). Met behulp van "leave one out" kruisvalidatie zijn de gezonde en zieke planten geclassificeerd. Een gedetailleerde beschrijving van deze kruisvalidatie methodes staat in de rapportages uit voorgaande onderzoeksjaren (van Doorn *et al.* 2010 en 2011).

	
Fig.5A. Opname van een deel van een proefveld Yokohama met de kleuren sensor van de multispectraalcamera	Fig. 5B. Beeld van de infrarood sensor van deze camera.

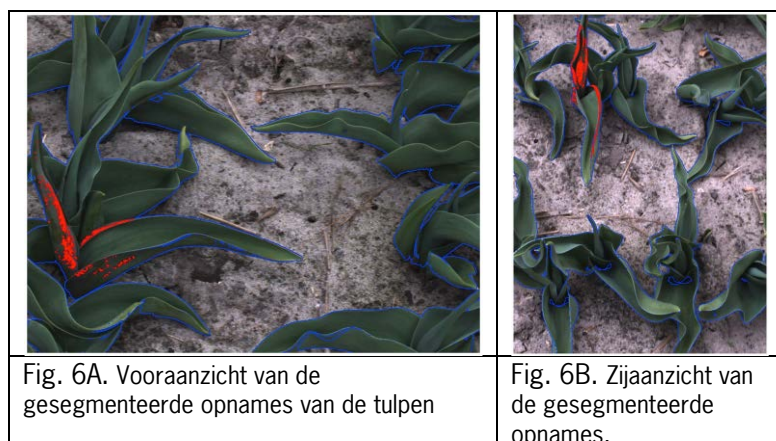
De analyse van de beelden verliep als volgt:

- Toepassing ontwikkelde algoritmen
- Analyse-run: segmentatie (plant versus achtergrond)
- Detectie ziekte patroon:
 - Als ziek, vertaal positie in beeld naar exacte positie.
 - Vergelijk met bol
 - Vergelijk met ziekzoeker.
 - Resultaat scores

3 Resultaten en Conclusies

3.1 Uitvoering

In 2011 is gemeten met twee kleurencamera's (twee aanzichten, beide camera's onder een hoek van 45°), diffuus TL licht en daarom een langzame sluitertijd van 20 ms. In 2012 zijn de metingen met multispectraalcamera's uitgevoerd die zowel kleuren- als infraroodopnames konden maken. Het infraroodlicht maakte een handmatige segmentatie van de beelden overbodig. Het railssysteem zorgde voor een soepele beweging van de ziekzoekkar; slippen van de wielen kwam niet voor. Door de geleiding van de wielen konden de beelden goed gematcht worden (de beelden vielen goed overelkaar heen). De aparte camera voor het opnemen van de QR codes maakte de localisatie van de tulpen, tesamen met de data van de encoder, goed mogelijk. Een enkele keer was een label niet goed leesbaar door bedekking als gevolg van zand of bladeren. Storingen van het computersysteem zijn niet voorgekomen.



De aanzichten van de tulp van twee kanten onder 45° zorgden voor opnames waarbij de tulpen volledig vrij konden worden geanalysezen (Fig. 6). Vanuit deze zijaanzichten werd de positie van de zieke spot berekend en getekend in het overzichtsbeeld. Elke plant komt meerdere keren voor in de verschillende beelden. Per opname is er een vooraanzicht en een zijaanzicht, en daarnaast zijn er ook nog overlappende beelden. Het meetinterval was ongeveer 15 cm. De middelste rij van de volvelds geplante tulpen is zowel op de heen- als op de terugrun van de ziekzoekkar opgenomen. In de tijd werd de overlap van de planten in de proefvelden C t/m F steeds groter (Fig.7).

De proefvelden waren beplant met verschillende dichtheden en verschillende percentages aan TBV-zieke tulpen (Tabel 1).

De ziekzoekkar bleek met alle aanpassingen in de praktijk robuust en goed te werken.

Tabel 1. Plantschema proefveld met Yokohama volvelds (C-F). Zie ook Fig. 1. Aangegeven zijn ook de correcties op de aantallen gezonde en zieke tulpen na uitvoering van ELISA op bladmateriaal na afloop van de experimenten (kolom 4, zie ook Tabel 10).

Veld	opgeplant	% TBV in het veld/ 100 bollen	Correctie na bladtoets (ELISA)	totaal	Gezond geplant
C1	100	24	0	24	76
C2	100	24	1	25	75
D1	100	9	0	9	91
D2	100	9	1	10	90
E1	100	3	2	5	95
E2	100	3	5	8	92
F	124	6	2	10	114
<i>totaal</i>	<i>724</i>	<i>80</i>	<i>11</i>	<i>91</i>	<i>633</i>

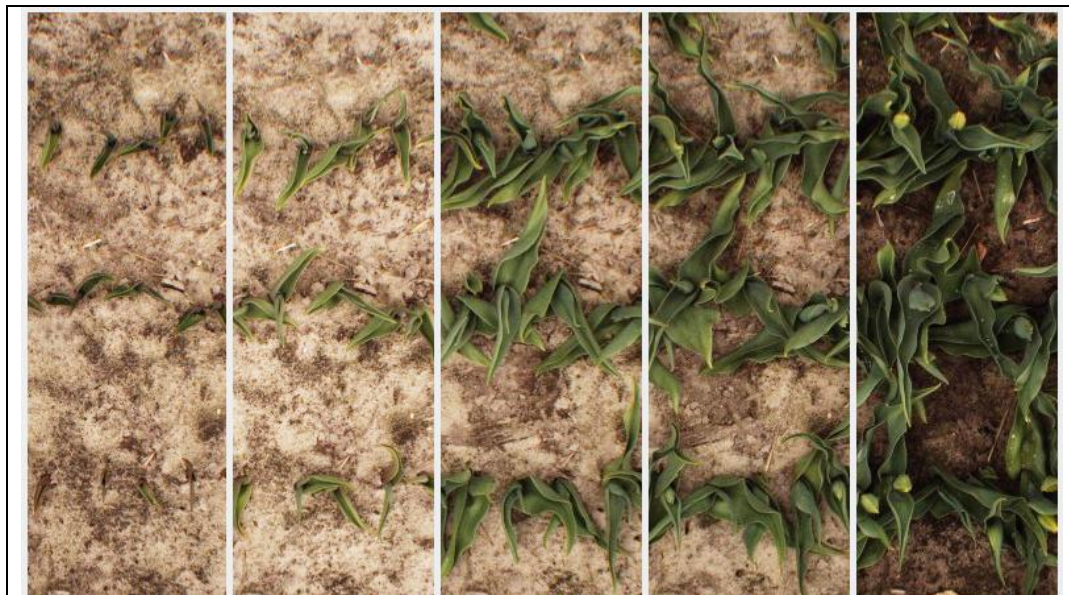
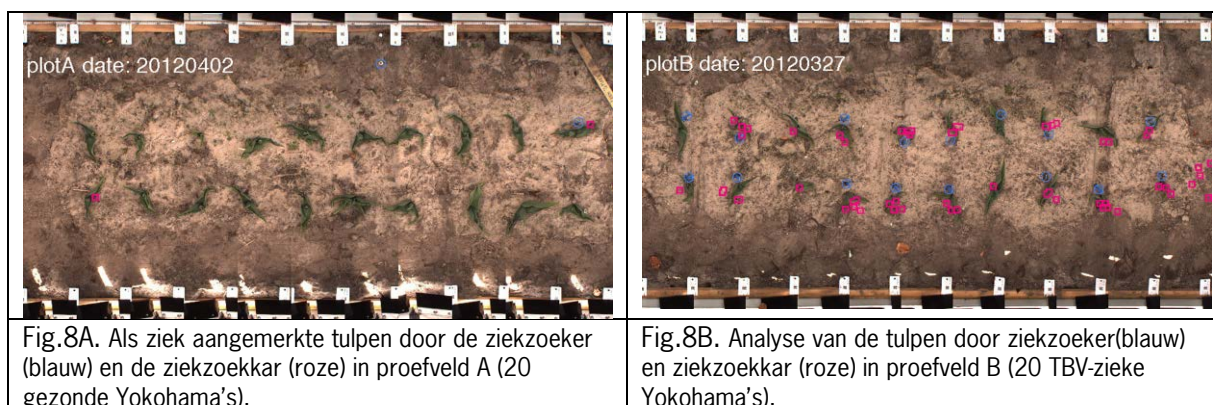


Fig.7. Opnames van volvelds opgeplante tulpen (Yokohama) van week 11 t/m week 15 welke de toename van bladoverlap laten zien.

3.2 Vergelijking analyses ziekzoekers en ziekzoekkar

3.2.1 Enkelvelds



Er zijn van cv. Yokohama van de verenigd opgeplante tulpen 2 x 20 planten met camera's opgenomen: 20 gezonde (veld A) en 20 TBV-geïnfecteerde tulpen (veld B). De bollen waren individueel voor het planten in nov. 2011 getoetst op aanwezigheid van TBV via een boltoets (BQ Support, Lisse).

Deze beelden zijn op één tijdstip opgenomen, op dezelfde dag als de visuele beoordeling door de ziekzoekers gemeten met de ziekzoekkar. Fig.8A laat zien dat de ziekzoekers op 2 april (week 14) in de testvelden (de middelste 3; de twee buitenste deden niet mee in het onderzoek) een foutieve beoordeling gaven (zie ook tabel 2 bij week 14, kolom onterecht ziek). Deze bleek de ziekzoekkar echter ook als ziek te bestempelen (roze stip in Fig.8A); de ziekzoekkar scoorde nog een extra plant foutief ziek (Tabel 3, week 13, kolom onterecht ziek). Bij natoetsen met zowel een blad- als boltoets bleken deze planten toch gezond. Fig. 8B toont in de verenigd opgeplante TBV-zieke Yokohama's de scores op 27 maart (week 13) in proefveld B (alle 20 tulpen ziek). Hier scoorde de ziekzoekkar beter dan de ziekzoekers; de ziekzoekkar scoorde 2 tulpen onterecht gezond tegen 4 onterecht gezond gescoorde waarnemingen van de ziekzoekers (Tabel 3 kolom onterecht gezond week 13 versus tabel 2 kolom onterecht gezond week 13).

Tabel 2. Scores van de ziekzoeker/bolopplant in proefveld A en B (in totaal 20 + 20 = 40 planten).

week	Onterecht ziek	Onterecht gezond	Totale fout-score
11	4	12	16
12	6	6	12
13	2	4	6
14	1	4	5
15	1	3	4

Tabel 3. Scores van de ziekzoekkar/bolopplant in proefveld A en B (in totaal 20 + 20 = 40 planten).

week	Onterecht ziek	Onterecht gezond	Totale fout-score
11	4	18	22
12	5	3	8
13	2	2	4
14	2	5	7
15	3	8	11

In week 11 was de score voor zowel ziekzoekers als ziekzoekkar slecht. De tulpen waren nog klein en de twee eerste bladeren waren nog maar net open wat de symptoomanalyses (verkleuring bladrand) bemoeilijkte. De twee weken daarop (Tabel 3) scoorde de ziekzoekkar beter (Fig. 9). In week 15 (bloei van de tulpen) scoorden de ziekzoekers beter. Dit heeft ook te maken met het ontstaan van beschadigingen in de bladeren die door de ziekzoekers makkelijker herkend worden.

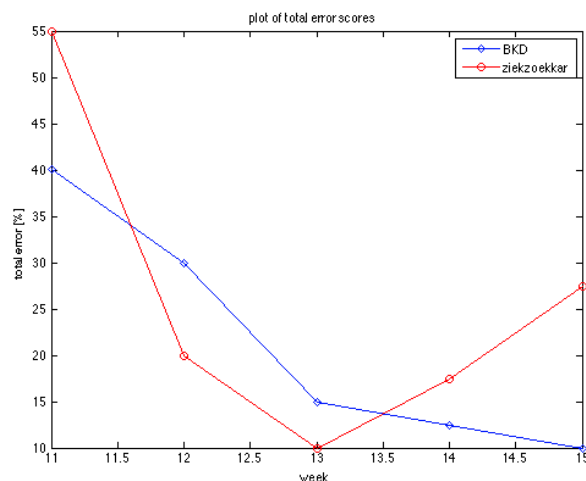


Fig. 9. Vergelijking van het gemiddelde aantal fouten van de ziekzoeker en ziekzoekkar, weggezet in de tijd (week van ziekzoeken). In week 12 en 13 soort de ziekzoekkar beter in de verenkde opplant van Yokohama.

3.2.2 Nacontrole van tulpen op wel of geen TBV via ELISA

In een aantal gevallen hebben de ziekzoekers een tulp ziek verklaard terwijl die als gezond is opgeplant. Een aantal van deze tulpen is daarom achteraf getoetst met een bladtoets en een boltoets op TBV. Er is niet getoetst op eventuele andere virussen.

In Tabel 1 (kolommen 4 en 5) zijn deze hertoetsingen aangegeven voor de verschillende proefvelden. In proefveld A (alles gezond geplant) bleek een door de ziekzoekers als ziek gescoorde tulp geen TBV te bevatten volgens de ELISA uitgevoerd aan zowel het blad als later aan de bol. In veld B (alle 20 tulpen als zieke bol opgeplant) bleken deze onterecht gezond verklaard door de ziekzoekers. In proefveld C1 echter vonden de ziekzoekers een als ziek opgeplante tulp terecht gezond; in proefveld C2 bleek 1 tulp onterecht ziek verklaard en 1 onterecht gezond. De hoge aantallen extra zieke tulpen bij E en F zijn te verklaren door het feit dat in deze proefvelden de gezonde bollen van Yokohama op waren en een aantal van een niet voorafgetoetste partij zijn opgeplant. Deze gegevens zijn gebruikt om de resultaten (zie tabellen 4 t/m 9) te corrigeren wat betreft aantallen gezonde en viruszieke tulpen.

3.2.3 Volvelds

De volvelds proefvelden verschilden in percentage ziek opgeplante bollen (Tabel 1). De velden B-E waren op 100 bollen per m² geplant; veld F op 125 bollen/m². De bollen waren individueel voor het planten in november 2011 getoetst op aanwezigheid van TBV via een boltoets (BQ Support, Lisse). Een voorbeeld van de analyse in het veld is weergegeven in Fig.10 A en B. Proefveld D1 (random opgeplante zieke tulpen, 9 zieke per 100 bollen) is meerdere malen geanalyseerd door de ziekzoekers (blauw rondje) en de ziekzoekkar (groen aangegeven); de absolute referentie was de plek waar de zieke bol (TBV vastgesteld in de bol via ELISA) was opgeplant eind 2011 (rood). Als voorbeeld wordt de analyse van proefveld D1 genomen van week 13.

In Fig.10A is een zieke tulp (rood, links onderaan) niet gevonden. In Fig.10B zijn twee zieke tulpen niet gevonden. De ziekzoekers hebben hier ook gescoord in de randbeplanting; deze waren niet in de proef opgenomen. Opvallend is, dat de ziekzoekkar in week 13 hier foutloos is wat betreft het ontrecht ziek scoren van tulpen (Tabel 4B: D1 en D2) terwijl de ziekzoekers hier tweemaal foutief scoren (Tabel 4A: D1 en D2). De ziekzoekers scoren iets beter wat betreft het ontrecht gezond scoren van tulpen (Tabel 4A/4B: D1 en D2). In week 13 scoort de ziekzoekkar beter dan de ziekzoekers.

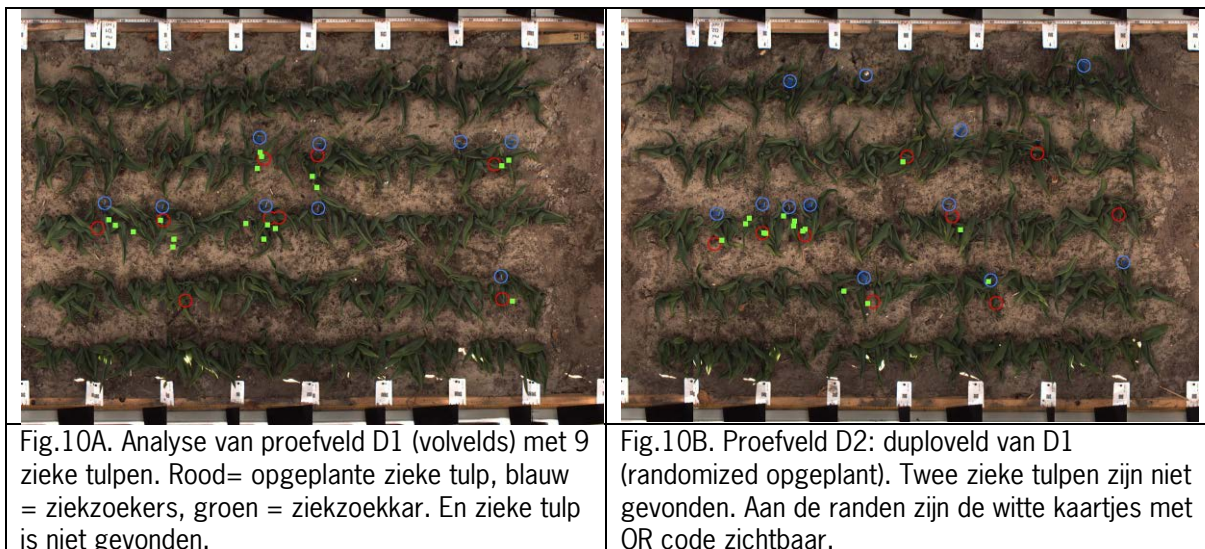


Fig.10A. Analyse van proefveld D1 (volvelds) met 9 zieke tulpen. Rood= opgeplante zieke tulp, blauw = ziekzoekers, groen = ziekzoekkar. En zieke tulp is niet gevonden.

Fig.10B. Proefveld D2: duplofeld van D1 (randomized opgeplant). Twee zieke tulpen zijn niet gevonden. Aan de randen zijn de witte kaartjes met QR code zichtbaar.

Tabel 4A. Vergelijking scores van de **ziekzoekers** in de proefvelden C-F
In week 11 (13 maart 2012)

proefveld	Onterecht ziek	Onterecht gezond	Totaal score
C1	2	16	18
C2	2	18	20
D1	0	2	2
D2	0	10	10
E1	0	3	3
E2	1	8	9
F	1	6	7
Totaal =	6	63	69
onterecht ziek = 0.9%; gevonden ziek = 30.8%; totale fout = 9.5%			

Tabel 4B. Vergelijking scores van de **ziekzoekkar** in de proefvelden C-F
In week 11 (13 maart 2012)

proefveld	Onterecht ziek	Onterecht gezond	Totaal score
C1	9	17	26
C2	2	17	19
D1	18	5	23
D2	10	4	14
E1	6	4	10
E2	13	6	19
F	17	4	21
Totaal =	75	57	132
onterecht ziek = 11.8%; gevonden ziek = 37.4%; totate fout = 18.2%			

Tabel 5A. Vergelijking scores van de **ziekzoekers** in de proefvelden C-F
In week 12 (22 maart 2012)

proefveld	Onterecht ziek	Onterecht gezond	Totaal score
C1	2	2	4
C2	2	1	3
D1	1	1	2
D2	4	3	7
E1	-	-	-
E2	5	0	5
F	4	1	5
Totaal =	18	8	26
onterecht ziek = 2.8 %; gevonden ziek = 9.1%; totate fout = 3.6%			

Tabel 5B. Vergelijking scores van de **ziekzoekkar** in de proefvelden C-F
In week 12 (22 maart 2012)

proefveld	Onterecht ziek	Onterecht gezond	Totaal score
C1	6	1	7
C2	5	2	7
D1	4	0	4
D2	4	1	5
E1	-	-	-
E2	10	1	11
F	11	1	12
Totaal =	40	6	46
onterecht ziek = 6.3%; gevonden ziek = 93.4%; totale fout = 6.4%			

Tabel 6A. Vergelijking scores van de **ziekzoekers** in de proefvelden C-F
In week 13 (27 maart 2012)

proefveld	Onterecht ziek	Onterecht gezond	Totaal score
C1	1	3	4
C2	1	3	4
D1	1	0	1
D2	1	2	3
E1	2	1	3
E2	3	0	3
F	2	1	3
Totaal =	11	10	21
onterecht ziek = 1.7%; gevonden ziek = 89%; totale fout = 2.9%			

Tabel 6B. Vergelijking scores van de **ziekzoekkar** in de proefvelden C-F
In week 13 (27 maart 2012)

proefveld	Onterecht ziek	Onterecht gezond	Totaal score
C1	1	2	3
C2	0	4	4
D1	0	1	1
D2	0	3	3
E1	2	1	3
E2	2	3	5
F	1	4	5
Totaal =	6	18	24
onterecht ziek = 0.9%; gevonden ziek = 80.2%; totale fout = 3.3%			

Tabel 7A. Vergelijking scores van de **ziekzoekers** in de proefvelden C-F
In week 14 (2 april 2012)

proefveld	Onterecht ziek	Onterecht gezond	Totaal score
C1	1	2	3
C2	0	1	1
D1	1	0	1
D2	0	3	3
E1	2	1	3
E2	3	0	3
F	2	2	4
Totaal =	9	9	18
onterecht ziek = 1.4%; gevonden ziek = 90.1%; totale fout = 2.3%			

Tabel 7B. Vergelijking scores van de **ziekzoekkar** in de proefvelden C-F
In week 14 (22 april 2012)

proefveld	Onterecht ziek	Onterecht gezond	Totaal score
C1	2	4	6
C2	0	5	5
D1	0	2	2
D2	0	8	8
E1	3	0	3
E2	0	3	3
F	1	6	7
Totaal =	6	28	34
onterecht ziek = 0.9%; gevonden ziek = 69.2%; totale fout = 4.7%			

Tabel 8A. Vergelijking scores van de **ziekzoekers** in de proefvelden C-F
In week 15 (10 april 2012)

proefveld	Onterecht ziek	Onterecht gezond	Totaal score
C1	2	3	5
C2	3	2	5
D1	1	1	2
D2	1	2	3
E1	3	3	6
E2	2	1	3
F	0	4	4
Totaal =	12	16	28
onterecht ziek = 1.9%; gevonden ziek = 82.4%; totale fout = 3.9%			

Tabel 8B. Vergelijking scores van de **ziekzoekkar** in de proefvelden C-F
In week 15 (10 april 2012),

proefveld	Onterecht ziek	Onterecht gezond	Totaal score
C1	2	14	16
C2	0	15	15
D1	0	6	6
D2	1	9	10
E1	3	3	6
E2	4	3	7
F	2	9	11
Totaal =	12	59	71
onterecht ziek = 1.9 gevonden ziek = 35.2 %; totale fout = 9.8 %			

In de tabellen 4 t/m 9 worden de analyses weergegeven van de metingen gedurende de weken 11 t/m 15 van zowel de ziekzoekers (tabellen A) als de ziekzoekkar (tabellen B). In week 12 scoort de ziekzoekkar iets beter dan de ziekzoekers (Tabel 5A en B, fig. 11). De eerste meetweek, en ook de laatste meetweek scoort de ziekzoekkar duidelijk slechter dan de ziekzoekers. De ziekzoekkar is beter in het niet foutief ziekverklaren (valspositief) van gezonde tulpen (Tabel 9B) in vergelijking met de ziekzoekers (Tabel 9A) in de weken 13 en 14.

Tabel 9A. Samenvatting van per week juist ziekbevonden tulpen door de ziekzoekers en de ziekzoekkar in procenten uitgedrukt

week	ziekzoekers	ziekzoekkar
11	30.8	37.4
12	91.2	93.4
13	89	80.2
14	90.1	69.2
15	82.4	35.2

Tabel 9B. Samenvatting van per week onterecht ziekbevonden ("valspositief") tulpen door de ziekzoekers en de ziekzoekkar, in procenten uitgedrukt

week	ziekzoekers	ziekzoekkar
11	0.9	11.8
12	2.8	6.3
13	1.7	0.9
14	1.4	0.9
15	1.9	1.9

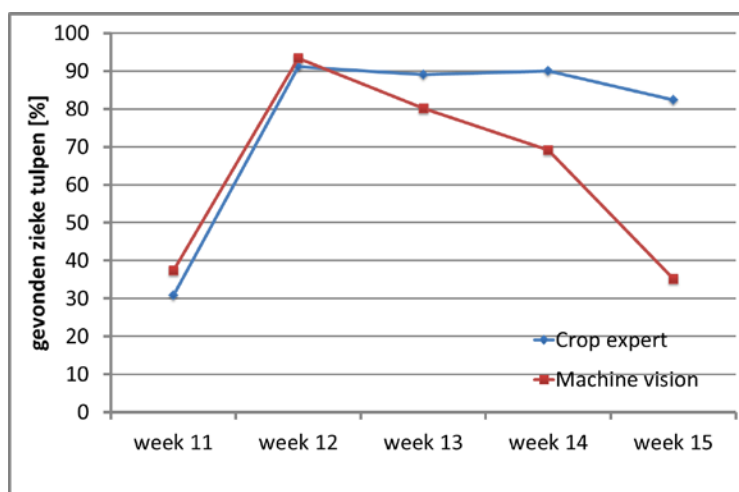


Fig. 11. Vergelijking van de prestaties van de ziekzoekers (crop experts, blauw) met de analyse van de ziekzoekkar (machine vision, rood) in de tijd. In week 11-12 scoort de ziekzoekkar iets beter dan de ziekzoekers.

Het totaal aangeplante tulpen (ziek en gezond) in de proefvelden C-F bedraagt 738. Hierbij moet worden opgemerkt dat per proefveld gemiddeld 2 tulpen niet zijn opgekomen. Dit betekent, dat gerekend over 725 tulpen in totaal de ziekzoekers 4.8% en de ziekzoekkar een 4.3% foutscore heeft. De scores van de ziekzoekers en ziekzoekkar zijn gecorrigeerd voor de uitslagen achteraf van de blad-en boltoets op die planten die door de ziekzoekers afwijkend zijn beoordeeld. In een aantal gevallen bleken deze tulpen toch TBV-ziek (Zie tabel 1 en 10).

Tabel 10. Hertoetsing van een aantal tulpen uit de ziekzoekexperimenten, beoordeeld door de ziekzoekers.

veld	getoetst	waarvan ziek geplant	terecht ziekverklaard	onterecht ziekverklaard	terecht gezond	onterecht gezond
A	1	0	0	1	0	0
B	2	2	0	0	0	2
C1	7	4	6	0	0	1
C2	8	5	5	1	1	1
D1	3	5	0	1	1	1
D2	1	0	1	0	0	0
E1	4	0	4	0	0	0
E2	12	2	12	0	0	0
F	5	1	5	0	0	0

3.3 Conclusies

De aanpassingen aan de ziekzoekkar wat betreft de stabiliteit van de opnames (rails), lokalisatie van de tulpen (afgelegde afstand, QR-code, opnames van bovenaf met aparte camera), en de twee multispectraalcamera's met infrarood belichting zorgden voor een robuust systeem.

De TBV-detectie in de verenkelde tulpenopplant gaat heel goed. Op het hoogtepunt van de ziekte expressie (week12-13) voldoet de ziekzoekkar zelfs beter dan de ziekzoekers (Fig.9).

De detectie van TBV-zieke planten in een volvelds opplant van Yokohama verliep goed. De nieuwe aanpak om de segmentatie van de plant versus achtergrond (bodem) met NIR te maken, maakte de beeldanalyse eenvoudiger. De stap om volvelds, en dus deels overlappende tulpen, te kunnen analyseren is een belangrijke verbetering in vergelijking met 2011. In week 12 scoorden de ziekzoekers in de analyse van 725 tulpen 91% van de zieke tulpen goed, en de ziekzoekkar ruim 93%. In de andere weken scoorden de ziekzoekers beter, maar scoorde de ziekzoekkar minder gezonde tulpen als ziek in vergelijking met de ziekzoekers: in week13-15 0.9 - 1.9% tegen de ziekzoekers in dezelfde periode 1.4 - 1.9%.

In sommige gevallen scoorden de ziekzoekers tulpen, die als gezond waren opgeplant, als ziek (Tabel 10). Een aantal hiervan zijn hertoetst in ELISA. In een aantal gevallen bleek de beoordeling van de ziekzoekers de juiste. De verklaring hiervoor is de drempelwaarde van de ELISA op TBV, deze geeft namelijk niet absoluut aan of een tulp ziek is of gezond. Een waarde net onder die drempelwaarde kan betekenen dat deze toch zeer licht ziek (virusbesmet) is, en in het voorjaar door virusvermeerdering toch symptomen kan geven. Andersom hebben ziekzoekers tulpen onjuist als ziek bestempeld. Dit kan o.a. komen doordat deze door een ander virus (TVX) besmet waren met afwijkende symptomen.

4 Discussie

4.1 Aanpassingen aan de ziekzoekkar in 2012

Een belangrijke verbetering in vergelijking met de experimenten van 2011 was de inbouw van twee multispectraalcamera's onder een hoek van 45° met de bodem en een hoek van 90° ten opzichte van elkaar. Op deze manier konden de planten vanaf twee aanzichten worden geanalyseerd. Vanwege de breedte van het proefveld (3 veuren, ongeveer 80 cm) is wel heen- en weer gereden over hetzelfde proefvelddeel om opnames van de drie naast elkaar gelegen tulpenveuren te garanderen.

Voor een betrouwbare lokalisatie bleek de aanleg van rails een goede oplossing. Door de combinatie van een encoder, QR-codes aan de rand van de rail op elke 25 cm alsmede de opnames van de tulpen met een aparte kleurencamera was de localisatie van de individuele tulpen geen probleem. De ziekzoekkar vertoonde geen slip, en storing van de apparatuur was minimaal. Dit zorgde voor een vlot verloop van de opname sessies in het veld. Dit was eveneens een verbetering ten opzichte van 2011.

Het daglicht TL-licht maakte goede opnames mogelijk. Leklicht van buiten, met name op zonnige dagen, bleek toch wat effect op de opnames te hebben. Mogelijk zal LED-verlichting (flits) dit kunnen verhelpen. De infraroodbelichting via LED's zorgde ervoor dat scheiding van achtergrond (bodem) en de contouren van de tulp goed mogelijk was bij de analyse en dat dit (in tegenstelling tot 2011) niet handmatig uitgevoerd behoeft te worden.

4.2 Proefopzet: veldproeven

In november 2011 zijn twee verenkelde en 7 volvelds proefvelden met Yokohama opgeplant. Deze partij Yokohama is via de boltoets gesplitst in gezonde en TBV-zieke tulpen, waarbij de zieke tulpen gelokaliseerd zijn via een steekhout enerzijds, en coördinaten (QR-code) anderzijds.

Achteraf bleken enkele tulpen die als gezond zijn beoordeeld in de boltoets, virussymptomen te vertonen. Een ELISA drempelwaarde van bv. 0.05 (extinctie van de kleurreactie op virus in ELISA) blijft enigszins arbitrair: is een bol met 0.04 niet ziek, of wel zeer licht aangetast zodat in het voorjaar door de ontwikkeling van de spruit het virus zich kan vermeerderen zodanig, dat deze symptomen kan geven? Gezien het sporadische karakter (slechts enkele voorbeelden) heeft dit de proef niet beïnvloed, maar het benadrukt de noodzaak om achteraf te toetsen via bladtoets en/of een boltoets.

In enkele gevallen is gebleken, dat de ziekzoekers een tulp als ziek hebben gescoord die geen TBV maar andere ziektesymptomen liet zien. Dit is later bijgesteld, maar kan leiden tot valspositieve waarnemingen die de score van de ziekzoekers nadelig beïnvloeden.

4.3 Scores van de ziekzoekkar en ziekzoekers

De scores van de ziekzoekers en de ziekzoekkar zijn vergeleken met de ELISA waarden van de opgeplante bollen als “ground truth”. Voor de verenkelde velden werd eenzelfde goed resultaat behaald als in 2011. De beste tijd voor de ziekzoekkar om te meten lijken de twee weken nadat de twee hoofdbladeren zich spitsen. Voor die tijd zijn de bladeren veelal te klein, ook voor de ziekzoeker en komt er vaker koubont voor: een roodverkleuring veroorzaakt door fysische omstandigheden (koud en vochtig weer (zie van Doorn et al. 2011)). De ziekzoekkar scoort beter dan de ziekzoeker in week 12. Waarom scoort daarna de ziekzoeker weer beter? Mogelijk komt dit, doordat de ziekzoekkar gaandeweg beschadigingen veroorzaakt aan de tulpen. Ondanks dat de voorflap (die strooilicht van buiten moet beperken) hoger werd afgesteld, kan deze bladbeschadigingen hebben gegeven die wel herkend zijn door de ziekzoeker, maar de resultaten van ziekzoekkar negatief hebben beïnvloed. De mensen zijn verder in het voordeel doordat zij bladeren kunnen optillen om zo nog meer aanzichten van de symptomen te kunnen waarnemen. Dat de ziekzoekkar dit niet kan, maakt de resultaten, behaald door de ziekzoekkar, des te opmerkelijker.

In de volvelds experimenten (proefvelden C-F) werd de moeilijkheidsgraad bepaald door de toenemende overlap van de tulpenbladeren, zeker bij opnames onder een hoek van 45°.

Lokalisatie van de individuele tulp is dan erg lastig. Door uit te gaan van zieke bladeren en niet van een individuele tulp kon de software van de ziekzoekkar hierop worden aangepast. Door gebruik te maken van speciale kleursegmentatie werden de mogelijke zieke spots (symptomen) gevonden. Vervolgens werden in een grotere omgeving zieke spots met elkaar verbonden en op basis van een aantal criteria beslist of een spot echt ziek is.

Volvelds scoorde de ziekzoekkar vroeger dan week 12 iets slechter dan de ziekzoekers; dit is vergelijkbaar met de resultaten in de verenkelde tulpen. In week 14 en 15 scoren de ziekzoekers beter dan de ziekzoekkar. De redenen hiervoor kunnen liggen in voorkennis verkregen door herhaald beoordelen van kleine proefveldjes. Ook verminderden de bladsymptomen (mededeling ziekzoekers), karakteristiek voor TBV. Na week 13/14 trad de knopvorming in de tulpen op die als karakteristiek niet is opgenomen in de algoritmes van de software, maar wel herkend kunnen worden door de ziekzoekers.

4.4 Toekomstig onderzoek

Voor het ziekzoekgedeelte zijn verdere aanpassingen van de ziekzoekkar noodzakelijk. De huidige kar moet op dit moment nog langzaam door het veld worden geduwd, om voldoende licht per opname te hebben. Verhogen van de snelheid van de apparatuur is noodzakelijk, maar dit vereist diverse aanpassingen in het systeem, met name een snellere en intense mobiele belichting (flits). De aanpassing van de belichting kan effect hebben op het resultaat en er moet dus getoetst worden of de resultaten dan nog wel reproduceerbaar zijn. De werking en de eventuele aanpassingen van het systeem moeten worden getoetst. Er moet uitgezocht worden welke verlichting het best voldoet (spectrum, intensiteit en flashrate).

Dit is een belangrijke volgende stap naar een “real time” analyse van zieke tulpen. Vervolgens kan de stap naar verwijdering of merken van zieke tulpen worden gemaakt.

Het analyseren van TBV symptomen in andere cultivars is noodzakelijk om de toepassing te kunnen verbreden. Daarnaast kan men denken aan de analyse van andere tulpenvirussen (bv. TVX).

De ziekzoekkar zou verder ook getest moeten worden in een aantal praktijkvelden met lage viruspercentages (liefst in Yokohama). Dit vereist snellere opnames, die mogelijk verkregen

worden door flits belichting. Indien dit niet mogelijk is, zijn in de aanloopfase (verplaatsbare) rails nodig op de praktijkpercelen.

Voor de verdere stappen naar een autonoom werkende ziekzoekrobot is de inzet van andere partijen noodzakelijk. Denk daarbij aan apparatenbouwers, oplossingen voor energievoorziening (accu's, montage achter de trekker) en RTK-GPS (op microniveau de plaatsbepaling van zieke planten kunnen aangeven). De begeleidingsgroep gaat samen met Wageningen UR op zoek naar toeleveranciers die bij het verdere traject van opschaling, verbreding en optimalisatie, betrokken willen worden. Voor 2013 is een proef opgeplant om andere cultivars te testen op TBV met de ziekzoekkar.

5 Output

5.1 Begeleidingscommissie vergaderingen

Bijeenkomsten zijn gehouden met de begeleidingscommissie als geheel en met een afvaardiging uit de grote groep (werkgroep). De begeleidingscommissie bestond uit:

Deelnemende kwekers

Organisatie	Deelnemer
Karel Bolbloemen BV	Bert Karel
Fa. Th. Apeldoorn	Piet Apeldoorn
Leek bloembollen	Pieter Leek
Wit Flowerbulbs	Nico Wit
Boon Bloembollen	John Boon
G Oud	Richard Oud
Poel Bloembollen	Louis Poel
Voorzitter	Kees Stoop

Verder aanwezig in begeleidingsgroep:

- Productschap Tuinbouw: Monique Cromptier
- Bloem Bollen Keuringsdienst (BKD): Nico Heemskerk en/of Martien Geerlings
- Agro Syntens: Rob van Mechelen
- Agrifirm: Ton de Witte
- KAVB: Daniëlle Kroes

De werkgroep bestond uit:

- P. Apeldoorn
- N. Wit
- L. Poel
- R. van Mechelen

De bijeenkomsten staan vermeld in onderstaande tabel:

Wanneer	Wie	Doel
Najaar 2011	Begeleidingscie	Projectplan en financiering
Febr 2012	Werkgroep	Start projectjaar, werkzaamheden
April 2012	Begeleidingscie	Voortgang project
September 2012	Begeleidingscie	Bespreken voortgang, resultaten en go/nogo
December 2012	Werkgroep	Consortiumvorming

5.2 Communicatie

Medium	Onderwerp	Soort output
Vakbladartikel Bloembollenvisie	Machinale detectie tulp	Artikel (Bijlage 7.1)
Boerderij Nieuwe Oogst	Ziekzoeken Ziekzoeken	Arikelen (2): zie bijlage 7.2 Artikel, zie bijlage 7.3
KOL	Machinale detectie tulp	Bericht
Groen kennisnet	Ziekzoekkar	Resultaten
Symposia	Machinale detectie tulp IPM2.0 1-5 oktober 2012, Wageningen	Abstract, Presentatie http://www.efpp.net/IPM2/
Berichten buitenland	Precisielandbouw; ziekzoekkar Poster ISHS Flower Bulbs (Turkije)	Artikel Zie bijlage 7.4
Internet youtube	Robot spoort tulpenplanten op met Tulpen Mozaïek Virus	http://www.youtube.com/watch?v=BEiH3J1CbWA
Website	Ziekzoekproject 2011	Rapport (i.o.)

6 Literatuur

Baltissen Ton, Gelderblom Jaap, Jonas Roothans, Joop van Doorn en Gerrit Polder 2012
Machinale detectie van geelziek in hyacint. Toepassing van vision technieken om symptomen veroorzaakt door *Xanthomonas hyacinthi* in hyacint op te sporen. PT Consultancy project 14740.

Gelderblom Jaap, Jonas Roothans, Joop van Doorn, Ton Baltissen en Gerrit Polder 2012.
Geautomatiseerd ziekzoeken spoort geelziek in hyacint op. BloembollenVisie 258: 32

Polder G., G. W. A. M. van der Heijden, J. van Doorn, J. G. P. W. Clevers, R. van der Schoor, and A. H. M. C. Baltissen. 2010. Detection of the tulip breaking virus (TBV) in tulips using optical sensors. Precision Agric 11: 397-412

Van der Heijden, Gerie; Gerrit Polder, Henk Jalink en Jan Snel (2008). Inventarisatie mogelijkheden voor automatische non-destructieve detectie van tulpmozaiekvirus. PRI Rapport 140208.

Van Doorn J., T. Baltissen, R. Schreuder, G. Polder, R. van der Schoor en G. van der Heijden (2008). Haalbaarheidsstudie automatisch ziekzoeken in tulp. PPO eindrapportage (PT12997).

Van Doorn, J., G. Polder, G. van der Heijden en T. Baltissen (2010). Praktijkproef ziekzoeken, geautomatiseerde (machinale) detectie van tulpenvirus in het open veld 2009. PT rapport 13638.

Van Doorn, J., G. Polder, G. van der Heijden en T. Baltissen (2011). Geautomatiseerde (machinale) detectie van TBV in tulp: resultaten 2010. Vervolg praktijkonderzoek ziekzoeken. PT rapport 14025.

Van Doorn, Joop, Ton Baltissen, Gerrit Polder en gerie van der Heijden 2012. Ziekzoekkar vindt virus volveldsen scoort beter dan de ziekzoeker. BloembollenVisie 257: 22-23

7 Bijlagen

7.1 BloembollenVisie

ONDERZOEK

Ziekzoekkar vindt virus volvelds en scoort beter dan de ziekzoeker

Vorig jaar herkenden de camera's en software van de ziekzoekkar TBV-symptomen in de tulpencultivar 'Yokohama' bijna net zo goed als de ervaren ziekzoeker. Echter, de tulpen waren op lage dichtheid geplant. Dit jaar was de doelstelling of de ziekzoekkar volvelds viruszieke 'Yokohama' kon herkennen en dat dan minstens zo goed als de deskundige ziekzoekers. Door aanpassingen aan belichting en de inbouw van speciale camera's scoorde de ziekzoekkar beter dan de ervaren ziekzoekers: een doorbraak!

Tekst: Joop van Doorn, Ton Balthuis (PPO BBI), Gerrit Polster, Gert van der Heijden (PBO Balthuis), Rens Wageningen Universiteit en Research

Tulpenhekingsvirus (TBV) in tulpe veroorzaakt veel schade in de teelt. Om verspreiding door blaauwlijzen te voorkomen moet de teelt in een korte periode deze besmette tulpen verwijderen. Een tijdsronde besmetting, die ook specifieke deskundigheid vergt. Verder bespaart de verwijdering ook het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen om de tulpen te beschermen. Een probleem is dat experts die dit kunnen scharen zijn. Om het gebruik van goede ziekzoekers te compenseren, werkt Wageningen UR samen met een groep tulpenkwekers aan een oplossing. Gebouwtijd ziekzoekers moet in een vroeg stadium symptomen van ziekten (TBV) in het gewas (in dit geval tulpe) kunnen herkennen, maar dan minstens zo goed als de experts. Wat is de voortgang binnen dit onderzoek?

PROEFOPZET

Vorig jaar wist de ziekzoekkar bij lage plantdichtheid (12-15 planten/m²) succesvol TBV-zieke planten van de tulpencultivar 'Yokohama' op te sporen. In een aantal gevallen scoorde de ziekzoekkar zelfs beter dan de ziekzoeker (zie BloembollenVisie 229 (2011) p. 20-21). Een mooi resultaat, maar een praktisch toepasbaar ziekzoekkar moet uiteindelijk kunnen presteren onder normale, volvelds condities met minimaal 180 tulpen per vierkante meter. Om dit te onderzoeken is in 2012 een nieuwe proef gestart. In het najaar van 2011 zijn TBV-zieke bollen (24, 5, 6 of 7 zieke bollen, zie tabel 1) geplant in proefvelden van gezonde bollen van 'Yokohama'. In het voorjaar van

van 2012 zijn de ziekzoekers in de velden 10-15 (13 maart-10 april) gaan zoeken. Daarbij werden de zieke tulpen met een stalgroenke. De markeringssysteem werden vervolgens verwijderd en vergelijken met het opnamesysteem. De ziekzoekkar heeft vervolgens van tulpen in de proefvelden opnames gemaakt, waarbij er voor is gezorgd dat de tulpen actueel precies konden worden gekalibreerd (na een afkonding aan een wien van een speciale QR-code) van de zijanten van het proefveld (foto 1).

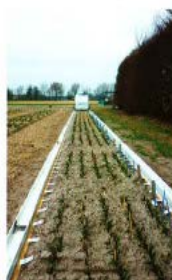
AANPASSINGEN ZIEKZOEKAR

In 2012 zijn verdere technische verbeteringen doorgevoerd aan het visiesysteem. Belangrijk was de inbouw van twee zeer moderne multispectraal camera's die gelijktijdig een kleur-

rendbeeld en een infraroodbeeld geven. Om de planten zo goed mogelijk te beoordelen, zijn de camera's onder een hoek van 45 graden geplaatst voor een voor- en zijzicht (foto 2). Voor de belichting is zogenaamd daglicht TL gebruikt dat voor de jatte klein en helder helder belichting zorgde. Alle data zijn op een computer opgeslagen en later geanalyseerd te



Een kijkje in het tuindomein van de ziekzoekkar: spectraal- en kleurcamera's, en infraroodbelichting naar TL-daglichtbuisen



Het proefveld met volgens schema opgeplante gezonde en TBV-zieke 'Yokohama's'. Voor optimale opname zijn rails aangelegd met aan de zijanten codes voor de plaatsbepaling van de tulpen

worden via speciale software. Per keer werd 14 Gigabyte aan beeldinformatie opgeslagen!

METINGEN EN RESULTATEN

Er zijn gedurende de proefperiode van de cultivar 'Yokohama' vijf meetrondes uitgevoerd met de ziekzoekkar. Dit gebaseerd op dezelfde dag dat de ervaren ziekzoekers naar zieke tulpen zoeken. Na analyse van de beelden van de tulpen (foto 3) zijn de resultaten vergeleken met de beoordelingen van de ziekzoekers (volgens grond of niet?) en de gegevens van de TBV-testen (volgens tulpe zieke of gezond).

PLANNEN EN TOEKOMST

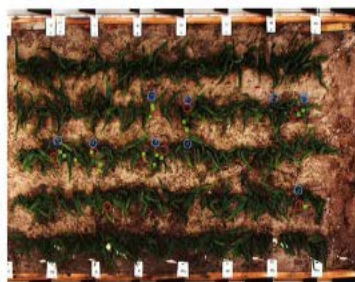
Zijn we nu klaar met de ontwikkeling? Nee, want er is nog praktische ziekzoekers te verbeteren, moeten er verdere verbeteringen worden aangebracht. Onder meer moet de opname-snelheid sneller, en er is meer en sterker licht nodig (bijvoorbeeld LED-verlichting). Deze verbeteringen in de software kan mogelijk gebouwd een langere periode worden ziek gezocht met de kar. Zowel de onderzoekers als de begeleidingscommissie van het ja-

ject zijn enthousiast over de behaalde resultaten. Het volvelds opsporen van TBV-zieke planten in 'Yokohama' is een belangrijke stap in de richting van een praktisch toepasbaar ziekzoekkar. De volgende stappen zijn het toepassen van de ontwikkelde software op andere cultivars en wellicht andere ziekten en verdere optimalisatie van het visiesysteem in combinatie met de software (real time metingen en analyse). De analyse van zieke tulpen moet zo snel zijn dat er direct een zieke tulpe kan worden gemerkt en verwijderd. De begeleidingsgroep gaat samen met Wageningen UR op zoek naar verbeteringen die bij het verdere traject van opschaling, verdeling en optimalisatie, betrekken willen worden.

Dit project werd in 2012 gefinancierd door het Productieschap Tulpebouw (projectnummer 14-086).

'Zijn we nu klaar met de ontwikkeling? Nee, voordat we een praktische ziekzoekrobot hebben, moeten er verdere verbeteringen worden aangebracht'

Week 13 gaf de beste resultaten (Tabel 1). Een aantal zieke tulpen is aan andere gezonde bollen doordel door de ziekzoekers en door de ziekzoekers. Omgekeerd kwam ook voor: gezonde planten zijn niet terecht als ziek beschouwd door zowel kar als mens. Daarbij scoort de ziekzoekkar duidelijk beter in het juist beoordelen van gezonde tulpen, maar herkent iets minder zieke tulpen dan de ziekzoekers. Op de ongeveer 725 opgeplante tulpen was het totale foutpercentage van de ziekzoekers 4,8%, en voor de ziekzoekkar 4,3%. Een goed resultaat dat Hildebrand moet nog worden opgemerkt dat de ziekzoekers wel heel nauwke-



Bloembollenvisie van een proefveld met 9 zieke tulpen (rood). Blauw geeft aan waar de ziekzoekers zieke tulpen vonden, terwijl de groene bladzijde de analyse van de ziekzoekkar aangeeft. Een tulpe (linksonder) is door zowel ziekzoeker als ziekzoekkar gemist

Proefveld	Aantal tulpen	Ziekzoekers-fout beoordeeld	Ziekzoekkar-fout beoordeeld
C1	100, 24 zieke	4	3
C2	100, 24 zieke	4	6
D1	100, 9 zieke	3	2
D2	100, 9 zieke	4	2
E1	100, 1 zieke	4	6
E2	100, 3 zieke	10	7
F	125, 8 zieke	6	5
Totaal	725, 78 zieke	35 (4,8%)	31 (4,3%)

Resumé

Het ontwikkelen van een ziekzoekkar die minstens zo goed viruszieke tulpen kan vinden als de ziekzoekers heeft in 2012 een flink resultaat opgeleverd. De techniek voor het van de mens. In dit artikel wordt uitgelegd op welke manier dit resultaat tot stand is gekomen. Ook schetsen de auteurs de vervolgstappen die nodig zijn.

7.2 Vakbladartikelen 2 en 6 november 2012 (Boerderij)

AKKER

BOERDERIJ VANDAAG VRIJDAG 2 NOVEMBER 2012 PAGINA 7

Flevoland klaar met rooien, Noord-Holland in problemen

Doetinchem – De problemen rond het rooien van uien en aardappelen liggen vooral in Noord-Holland. De vele regen in de kustprovincie zorgt ervoor dat gemiddeld nog 25 procent van de uien op het land ligt. In de Haarlemmermeer is bovendien 10 tot 20 procent van de aardappelen nog niet binnengehaald. Dit geeft vooralsnog echter geen extra ziektedruk. Noch bij aardappelen, noch bij uien.

In Flevoland zijn de meeste aardappelen en uien van het land. Volgens Philip Kroes van DLV Plant is de polder grotendeels 'leeg'.

In Zeeland is dat nog niet het geval. In deze provincie heeft het de afgelopen week weer flink geregend. Volgens DLV'er Luc Remijn is er in het weekend nog wel iets gebeurd, maar deze week gaat het aardappelen rooien tergend langzaam. "Elke dag peuzelen we weer wat van het uienare-



In Flevoland zijn de aardappelen van het land. Foto Marten Sandburg

aal op. Maar hard gaat het allemaal niet. Ik schat dat ruwweg nog 10 procent van de aardappelen op het land ligt." In België liggen er overigens nog veel meer.

Hoewel het al november is, heeft Remijn er wel vertrouwen in dat de meeste aardappelen van het land gehaald kunnen worden. "De vraag is groot en de prijzen zijn op dit moment erg hoog, de afnemers staan te springen."

'Ziekzoekmachine tulpen werkt beter dan mensen'

Ussse – De ziekzoekmachine voor tulpen werkt beter dan menselijke ziekzoekers. Maar als de ziekteverschijnselen minder duidelijk zijn, wordt het verschil kleiner. Dat blijkt uit onderzoek van Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO).

De zoekmachine voor tulpen is in 2007 ontwikkeld door de WUR-instituten PPO-Bloembollen en Plant Research International (PRI). In 2008 begonnen de instituten met testen, eerst in het laboratorium en later in de open lucht. De machine is dit jaar getest in de tulpencultivar 'Yokohama' om planten op te sporen die zijn aangegetast door het tulpenmosziektvirus (TBV), een ziekte die veel schade veroorzaakt in tulpen. Op



De ziekzoekmachine van PPO vindt meer zieke bollen. Foto PPO-WUR

de proefvelden stonden ruim 100 planten per vierkante meter, zoals in de praktijk gebruikelijk is. Voorafgaand aan het planten was vastgesteld welke bollen besmet waren met TBV, zodat bekend was waar die stonden in het veld.

De onderzoekers keken in welke mate de machine en professio-

nele ziekzoekers in staat waren om gezonde tulpen als gezond te beoordelen en besmette tulpen als ziek. De zoekmachine oordeelde bij 31 van de 725 tulpen fout. Dat is 4,3 procent. De ziekzoekers hadden het bij 38 tulpen bij het verkeerde eind. Dat is een foutmarge van 4,8 procent.

Projectmanager Ton Baltissen van het PPO is blij met de goede resultaten. "De ziekzoekmachine werkt ook goed bij het opsporen van erwina in hyacinten. We willen de machine graag verder ontwikkelen voor andere cultivars en andere ziekten. Wellicht is het op termijn zelfs mogelijk dat de machine niet alleen zieke planten opspoort, maar ook bijvoorbeeld de bemestingsstoestand in kaart brengt."



Tweede ronde over de band

Uithuizen – Akkerbouwer Harold Hoofd uit het Groningen Uithuizen is genoodzaakt om zijn uien twee keer over de band te draaien. In de bewaring is op dit moment namelijk even geen plek. Daar ligt al een andere

partij te drogen en die verspert de doorgang. Omdat er nog meer regen lijkt te komen, wil de akkerbouwer geen risico nemen. De uien moeten de grond uit en ze worden tijdelijk achter de schuur opgeslagen. Foto Mark Pasveer

Rusland terug in tarwetender Egypte

Cairo – Rusland heeft z'n plek weer gevonden in de laatste tarwetender van topimporteur Egypte. Hoewel de Russische tarweoogst door droogte wordt geplaagd, komt 40 procent van de tender voor rekening van Rusland. Dat meldt de Egyptische graanautoriteit Gasc. Rusland had vooral voordeel van lagere vrachtkosten. Het levert 120.000 van de 300.000 ton.

Sulker Unie: helft sulkerbieten is geoogst

Dinteloord – De bietencampagne vordert ondanks de vele neerslag gestaag. Volgens Sulker Unie is de oogst voor de helft klaar en is inmiddels ruim 2 van de 5,7 miljoen ton bieten verwerkt. Het suikergehalte zat de afgelopen week rond de 17,4 procent. Het gemiddelde over de oogst tot nu toe is 17 procent.

DLV onderzoekt koeling met CO₂/propaan

Doetinchem – DLV gaat samen met een aantal akkerbouwers en Cofely Refrigeration het perspectief onderzoeken van een koelinstallatie met CO₂/propaan. De reden is dat het vanaf 2015 niet meer is toegestaan om zulke installaties bij calamiteiten bij te vullen met het koudemiddel R22. En in de akkerbouw zijn veel mechanische koelingen aangelegd waarin dit middel is gebruikt. DLV wil daarom weten wat de mogelijkheden van CO₂/propaan zijn.

Zorgen bij LTO over verdenking van ringrot

Doetinchem – LTO maakt zich zorgen over de verdenking van ringrot in het Zuid-Hollandse Goere-Overflakke. Vorig jaar zijn maatregelen genomen om verspreiding tegen te gaan, zegt voorzitter Adrie Bossers van de LTO-werkgroep Consumptieaardappelen.

De Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) heeft aangegeven dat er een verdenking is van ringrot in een partij aardappelen van het ras Melody dat afkomstig is



Controle op ringrot. Foto Ton Katermans

van een bedrijf in Goere-Overflakke. Het is geen ware besmetting, zegt een woordvoerder.

"De verdenking is ontdekt door de strengere bemoeiing op ringrot in Goere-Overflakke. Er loopt nog onderzoek naar de afkomst. Eind deze week weten we de definitieve uitslag." In 2009, 2010 en 2011 vond de NVWA meerdere keren de quaternarische in aardappelen afkomstig van Goere-Overflakke. Stofdrillen werden daar eerder bemoeit.

Bossers is teleurgesteld dat ondanks de strengere maatregelen er een verdenking is. "We hebben het hygiëneproces ingevoerd. Een deel van de maatregelen is voor de slers vrijwillig. Ik hoop dat ze die ook eer hanteer. Het wordt straks verboden om nog langer potgoed te zetten voor uitzendingsmateriaal voor de poegedelest. Voor een snijverval van potgoed voor consumptieaardappelen is te weinig draagvlak om het fysieke materiaal nodig is."

De verdenking bewijst dat de bacterie niet is verdwenen. "Bossers vindt het jammer dat de productieschappen verdwijnen. De ringrotmateriaal zijn bovendien weeselijk. Ze zijn echter hard nodig om ringrot te bestrijden. Het is de vraag of het minste de moeite overneemt."

Duits onderzoek naar speculatie op agromarkten

Berlijn – Het Duitse landbouwministerie wil weten wat de betekenis van de termijnhandel is voor de agrarische sector en welke rol deze speelt bij prijsvormingen op de financiële markten. Minister Eike Altpeter wil onder meer speculatie met voedselproducten laten belichten.

Speculatie is de afgelopen jaren onderwerp geweest van maatschappelijke discussies. "De termijnhandel met agrarische grondstoffen brengt ook het risico in zich, dat exorbitante speculaties de prijsbevestiging bij agrarische grondstoffen verscherpen en zo een negatieve effect hebben op de economische functie van de agrarische markten", zegt Altpeter. De

minister wil ook weten van welke derivaten de landbouwsector gebruik maakt.

Het onderzoek wordt uitgevoerd door het van Thünen-Instituut für Marktanalyse (VTI). Het VTI gaat het onderzoek uitvoeren in samenwerking met externe financiële marktspecialisten. De resultaten komen in 2013 beschikbaar.

De Wereldbank en onderzoeksinstituten lijken concluderen in 2012 dat de voedselmarkt in 2007/2008 is verstoord door hogere energieprijzen, maar vraag naar biobrandstof, slecht weer, de lage dollar koers en exportbeperkingen. Speculatie speelde in de voedselmarkt nauwelijks een rol van betekenis.

Machine spoort zieke tulp beter op dan mensen



ACHTERGROND

Geautomatiseerd ziektezoeken in tulpen is mogelijk. De machine werkt beter dan menselijke ziekzoekers, blijkt uit onderzoek van WUR. De selectie in aardappelen is nog niet zo ver.

DOOR JAREN ENGINERING

Camera's kunnen arbeiders niet overnemen van mensen. De vrees voor gebruik van camera's in melkroboten om de speen van koeien op te sporen en de melkbekers aan te sluiten. Aardappelverwerkende camera's om verkleurde frietjes uit de productielijn te halen, wat anders veel tijd en menselijke kost.

In de tuinbouw zijn camera's ontwikkeld om arbeidsintensief sorteer- en selectiewerk te doen. In de akkerbouw en belandde vraag de selectie (zieke planten) veel arbeid en aandacht. Dat was voor de WUR-instituut Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO-Bloembollen) en Plant Research International (PRI) reden om in 2007 een machine te ontwikkelen voor het opsporen van zieke planten in tulpen.

De machine is dit jaar geest in de tulpenkultuur Yokocho in plant en op te sporen die zijn aanwezig door het tulpenmosdier (TBV). Van een partij met veel virus was van iedere individuele bol bepaald welke bol wel en welke bol niet besmet was. Zo was bekend welke tulpen in het veld teken waren en waar die stonden. De selectiemachine vorderde bij 51 van de 735 tulpen bol. Dat is 4,3 procent. De ziektezoekers hadden bij 58 tulpen bij het veld teken. Dat is een foutmarge van 4,8 procent.

De machine heeft het ziektezoeken beter onder de knie dan de mensen. Terwijl de ziektezoekers heel erg hun best deden om de zieke tulpen op te sporen, door ook bladen van alle kanten te bekijken. De reacties zijn hoopgevend. Want ziektezoekers in de tulpen zijn arbeidsintensief. Het vergoet ook vakmanschap. Vakbe-



De machine scoort beter dan menselijke ziekzoekers. Foto PPO-WUR

kwame ziektezoekers worden als een schaars. Dat geldt ook voor het selectiewerk in aardappelen. Daarom deed PPO-ACV vorig jaar onderzoek naar automatisch ziektezoekers in aardappelen. In het laboratorium werkte dat niet slecht. Er liggen kansen, oordeelt het PPO, maar er is voor potaardappelen nog geen praktische machine. PPO wil de techniek van het selecteren van zieke planten verder oer-

wikkelen. Daarom heeft het instituut verzoeken voor financiering ingediend in het kader van het topschietenbeleid van de overheid. Zo'n machine met de juiste camera's en software moet eigenlijk niet alleen geschikt zijn voor tulpen, maar ook voor andere gewassen, ziekten en toepassingen. Hoe groter de afzetmarkt, des te interessanter voor de bedrijfsleven om in zo'n ontwikkeling te stappen.

'Regen te laat voor veel tarwe in West-Australië'

Perth – De regen in West-Australië komt te laat voor veel tarwe. Analyses van Agronomy concludeert dat veel tarwe is ver in de rijptijd om te profiteren van de neerslag.

Het is gaan regenen in het westen na langdurige droogte. De oogst van tarwe komt mondjesmaat op gang. De kwaliteit is uitstekend. Analisten vrezen dat de regen nadelig is voor de kwaliteit.

In september meldde de Australia & New Zealand Bank dat Australië 30 miljoen ton tarwe oogst, de laagste productie sinds 2007/2008. Vorig seizoen is bijna 30 miljoen ton geoogst. Australië heeft de op drie van tarwe exporteurs in de wereld. De ANZ-prognose viel 5 miljoen ton lager uit dan de vorige. Eerder verlaagden het overheidsbureau Abares en de Rabobank hun prognose.

Industrieteleers starten procedure tegen Agrico

Amsterdam – De Stichting Gepoederde Leden Agrico maakt 30 oktober een aanpakprocedure aanhangig bij de Ondernemingskamer van het Gerechtshof in Amsterdam. De stichting is opgericht door leden van Agrico. Zij voelen zich geduurd door het bestuur van Agrico om de eisen en afzet van industrieardappelen, tussen hun medewerkers om, over te doen aan aardappelverwerker Arto Poos. Zo'n 150 medewerkers zijn lid van de stichting.

De stichting wil inbrengen in de bestuurder omzettingprocedure. De leden vinden het bestuur in strijd met hun coöperatieve afstemming. Ook wijzen ze aan de rechtmatige omzetting van het bestuur en aan de rechtmatigheid van het bestuur zelf, aldus voorzitter Jan Vermeij van de stichting. De Raad van Bestuur van Agrico blijft weigeren om in-



Hoofdkantoor Agrico. Foto Ton Katermans

zage te geven in de bestuurder omzettingprocedure, stelt de stichting. In november 2010 droeg Agrico de handel in Friese aardappelen over aan Arto Poos zonder de leden te raadplegen. Door de ophef die ontstond verloor directeur Ineke Maasbroek in december. In mei 2011 stapte ook voorzitter Herman Vermeij van de raad van bestuur op.

Rond 40 procent Noord-Duitse bieten verwerkt

Elsdorf – In het noorden van Duitsland hebben de suikerconcerns Nordzucker, Pfeiffer & Langen en Sukker Unie rond 40 procent van de bieten verwerkt. Volgens de landbouworganisatie LIZ varieert dit tussen de 45 procent in Kärnten (Pfeiffer & Langen) en 33 procent in Anklam (Sukker Unie). In Anklam is veel 68 procent van de bieten gewoeld. In Schlade (Nordzucker) is meer dan 70 procent uit de grond.

Sojaprijs daalt door grotere oogst in VS

Chicago – De sojaprijs daalde vorige week 2,2 procent op de termijnmarkt Chicago. Ook maandag daalde de prijs. Volgens veel analisten hebben akkerbouwers in de VS meer sojabonen geoogst dan verwacht. Bijna alle boeren zijn geoogst. Analisten gaan uit van een toename van 2,54 miljard kilo. Het Amerikaanse ministerie gaat in de oktoberprognose nog uit van 2,54 miljard kilo per hectare.

Afspraken over los vervoerd oogst

Den Haag – De Nederlandse Aardappel Organisatie heeft afspraken gemaakt met de landbouworganisatie NAK over het vervoer van los vervoerd potgoed in het voorjaar. De partij bij de telers moet klaar staan voor verandering, en niet direct loud uit de oel komen. De koersmeester inspekt de partij en is aanwezig bij het laden. Zonder tekenen wordt er niet geladen. De oplegger moet voorzien zijn van valkleppen.

UBA wil minder brandstof uit biomassa

Berlijn – De Duitse milieubureau Umweltbundesamt (UBA) wil dat minder biomassa wordt verwerkt tot brandstof. Volgens de UBA wordt de druk op de landbouwgrond in de wereld steeds groter. De productie van biobrandstof uit biomassa moet worden beperkt. De stijging van de vleesconsumptie vergroot de druk op de landbouwgrond.

7.3 Vakbladartikel Nieuwe Oogst

(april 2012, p.38)

worden bespaard door plaats specifiek te werken en te kijken naar de bladmassa", aldus Van den Berg. „De dosering op de plant blijft in principe hetzelfde. Maar de grond ertussen bespuit je nu niet en dat alleen al geeft ongeveer een derde besparing op middelen.”

De aardbeienteler is zeer te spreken over

een goede combinatie gemaakt.”

VEEL VOORDELEN

Onbemand spuiten biedt volgens Van den Berg veel voordelen. „Al langere tijd worden de spuiten steeds zwaarder. Met een autonoom voertuig is de spuit veel lichter, wat zorgt voor

De grootste stap die nu moet worden gezet, is het gebruik van autonome voertuigen zowel op het gebied van verzekeringen als wat betreft regelgeving goed te regelen. „De regelgeving is nog niet toegesneden op autonome voertuigen in open teelten. Wageningen UR en ZLTO kijken nu hoe dat kan worden

Productschap Tuinbouw en Innovaties in het kwadraat.

> www.ppnl.nl, www.precisielandbouw.eu, www.cim.nl/projecten/innovatiesinhetkwadraat.html

YVONNE HURKENS

Kwaliteit ziekzoekrobot benadert menselijk oog



Onderzoeksinstituut PPO in Lisse (onderdeel van Wageningen UR) maakt grote stappen met de ontwikkeling van een 'vision-systeem' dat ziekten in tulpen kan signaleren. Op dit moment herkent het systeem het tulpenmozaïekvirus bijna even goed als een gemiddelde ziekzoeker.

Het is net een grote kinderwagen,” zegt proefleider Joop van Doorn van PPO geknispeld over de ziekzoekkar. Met zijn zwenkwiel en duwstang aan de achterzijde doet de kar daar in de verte wel wat aan denken. De techniek is echter veel hoogwaardiger dan het simpele uiterlijk doet vermoeden.

De ziekzoekkar is een rijdend platform. Het hart bestaat uit enkele camera's. Die maken opnamen van de tulpen bij tl-licht en infraroodlicht. Om verstoring door leklicht te vermijden, zijn de tulpen afgeschermd van het buitenlicht door het zeil op de ziekzoekkar.

De opnamen worden direct opgeslagen op een computer. De gegevens worden vervolgens naar Biometris gestuurd, een afdeling van Wageningen UR die software ontwikkelt waarmee het 'vision-systeem' afwijkende (viruszieke) tulpen kan signaleren.

De kwaliteit van de ziekzoekpresta-



Proefleider Joop van Doorn duwt de ziekzoekkar over een veld tulpen. De rails zijn nodig voor het onderzoek, maar het is technisch mogelijk een zelfrijdende kar te bouwen.

Foto: Coos van 't Wout

tie van het systeem wordt gemeten door de resultaten van de geautomatiseerde ziekzoeker te vergelijken met die van de professionele ziekzoekers op hetzelfde proefveld. Daarnaast is van te voren op biochemische manier onderzocht welke van de opgeplante tulpen virusziek zijn. Een gemiddelde ziekzoeker haalt onge-

veer vijf op de tien zieke tulpen uit het veld. De beste zoekers vinden tot wel zeven van de tien exemplaren onder praktijkomstandigheden. De robot zit op ongeveer vijf tot zes uit tien. „Ons doel is om met de robot dezelfde score te behalen als de menselijke ziekzoekers,” zegt projectleider Ton Baltissen van PPO.

„Dat hebben we vorig jaar nagenoeg bereikt.”

PRAKTIJK

Onder bollentelers bestaat veel belangstelling voor deze ontwikkeling. Het onderzoek is geïnitieerd door een samenwerkingsverband van tulpentelers.

„Als we nu bewijzen dat we het ziekzoeken voor elkaar krijgen, dan kan er binnen enkele jaren een prototype gereed zijn,” zegt Baltissen. De kwaliteit van de software, de snelheid waarmee de informatie kan worden verwerkt en de wijze van verwijdering van de zieke tulp geven volgens hem de doorslag of de robot over een paar jaar over de velden rijdt.

Aan de vorm van de ziekzoekrobot moet nog worden gesleuteld, erkent Van Doorn. De huidige proefmachine wordt momenteel voor standaardisering van de onderzoeksresultaten op twee rails over een proefveld tulpen geduwd. De kar kan verder worden geautomatiseerd zodat hij zelfstandig over de paden in het veld kan rijden.

Een volgende stap is het geautomatiseerd verwijderen van de zieke exemplaren. Van Doorn denkt dat de kosten daarbij doorslaggevend zullen zijn. De robot kan de zieke planten markeren met kalk zodat ze later met de hand kunnen worden weggehaald. Een andere mogelijkheid is de tulp direct te vernietigen.

De kennis die met de robot in de tulpen wordt opgedaan, kan ook aangepast worden voor andere gewassen. Van Doorn: „Ziekzoeken is erg lastig. De symptomen in tulpen laten zich in een beperkte periode van het jaar zien. De benodigde deskundigheid om dat te signaleren is steeds minder aanwezig. Deze robot kan de oplossing zijn van dat probleem.”

RENÉ BOUWMEESTER

7.4 Bijlage poster ISHS 2012



WAGENINGEN UNIVERSITY
WAGENINGEN UR

Detection of the tulip breaking virus (TBV) in tulips using optical sensors

Gerrit Polder¹, Ton Baltissen², Gerie van der Heijden¹, Martin van Dam² en Joop van Doorn²

Tulip Breaking Virus

One of the most important viral diseases in tulips is the potyvirus TBV (tulip breaking virus). Infected plants have to be removed from the field as soon as possible to prevent spread by aphids. Symptoms of the virus are very difficult to assess, even by expert eyes. Trained personnel is nowadays very difficult to find for a short period of time. To reduce the amount of chemicals needed to control aphids and the considerable pressure on labour, there is an urgent need for a rapid and objective method of screening to identify and remove infected bulbs. Is it possible to develop a robot which can recognize virus-infected tulips by its symptoms using vision techniques?

Aim

Development and testing of an automated vision system for the detection of TBV-infected tulips in the field.

Approach

Several camera systems (Fig. 1A) were tested in the laboratory and in the field during 2008-2010. A special colour and spectral camera system was chosen (Fig. 1; Polder *et al.* 2009). In 2011 experiments were performed using this system with an improved computer software program. The cultivar *Yokohama* was used as a target showing a range of symptoms caused by TBV (Fig. 1B). As ground truth the tulips were tested afterwards for the presence of TBV using a leaf assay (ELISA) with TBV-specific antisera. The analysis of the tulips, acquired by the vision system was also compared with the analysis by the visual experts ("zlekoekers").



Fig. 1. The camera's, as positioned in the interior of the robot: colour camera's under an angle of 45 degrees (A). On the right: characteristic TBV symptoms (red colour at the rim of the leaf) in cultivar *Yokohama* (B).

Literature

Polder, G., G. van der Heijden, J. van Doorn, J. Clevers, R. van der Schoor, A. Baltissen. Detection of the tulip breaking virus (TBV) in tulips using optical sensors. *Precision Agriculture* (23 April 2010), doi:10.1007/s11119-010-9169-2



Fig. 2. The robot in action, analysing single tulips.

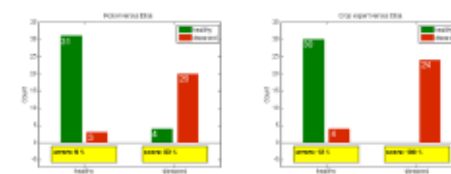


Fig. 3. Results obtained with the robot (A) and by the human eyes ("zlekoekers") (B).

Results

With the vision system high quality pictures were made of the tulips. The robot made the right decision in 91% of the cases when analysing healthy tulips for TBV (Fig. 3A: left green beam); the expert eyes of the "zlekoekers" did so in 88% of the cases (Fig. 3B: green beam). When analysing TBV-infected tulips, the robot scored the virus infected tulips in 91% of the cases (3A: red beam) whereas the "zlekoekers" scored 100% (3B: red beam). As reference values the analysis of leaf samples in ELISA (TBV present yes or no) was taken.

Conclusions and future work

The results indicated that the vision system approaches the quality of expert "zlekoekers". However, the tulips were planted at low density, whereas the growers need this system to perform at a density of at least 100 tulips/m². Furthermore, improvement of the vision system in relation to the contrast and resolution of the pictures is needed for better and faster performance. This will be obtained by improvement of the light system and the use of two multispectral camera's with both colour and infrared will be combined. These adaptations will be tested in 2012.

In the nearby future efforts will be made to develop a system to remove diseased tulips and to integrate these systems in one robot and to explore possibilities to use this robot in other crops.

Wageningen University
Plant Research Int.² and Applied Plant Sciences²
PO Box 85, the Netherlands
Telephone: +31 252462121 - Telefax: +31 252462100
E-mail: info@ppw.wur.nl



Ministry of Economic Affairs,
Agriculture and Innovation

Productschap  Tuinbouw

